

Autoreferat

**Strategia wentylacji pomieszczeń w budynkach istniejących  
użytkowanych jako żłobki**

dr inż. Katarzyna Ratajczak

## 1. Imię i nazwisko

Katarzyna Ratajczak

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2003–2008 r.                    **magister inżynier**

Data obrony: 12.06.2008 r.  
Kierunek: Inżynieria Środowiska  
Politechnika Poznańska  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Promotor: dr inż. Marek Juszcak

2008–2015 r.                    **dr nauk technicznych**

Data obrony: 19.06.2015 r.  
Studium doktoranckie „Budownictwo a Środowisko”  
Politechnika Poznańska  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Badanie struktury układu wentylacyjnego dla krytych basenów kąpielowych w aspekcie energooszczędności”  
Promotor: prof. dr hab. inż. Edward Szczechowiak

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.03.2017 r.–  
obecnie                    **adiunkt**

Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki (przed 01.01.2020 r. – Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska)  
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych (przed 01.01.2020 r. – Instytut Inżynierii Środowiska)

01.10.2008 r. –  
28.02.2017 r.                    **asystent**

Politechnika Poznańska  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Instytut Inżynierii Środowiska

**4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.**

**Tytuł osiągnięcia:**

Strategia wentylacji pomieszczeń w budynkach istniejących użytkowanych jako żłobki

**4.1. Wprowadzenie**

Strategia wentylacji pomieszczeń użytkowanych przez żłobki jest efektem badań, które trwają na Politechnice Poznańskiej od 2017 r.. Wykonania badań pilotażowych podjęto się w 2017 i 2018 r. Na ich podstawie sformułowano cele dalszych badań. Na obiekty badawcze wybrano żłobki, czyli placówki przeznaczone do opieki nad dziećmi do lat 3. Taki wybór można uzasadnić tym, że w literaturze naukowej jedynie 2% publikacji, biorąc pod uwagę najpopularniejsze obiekty użyteczności publicznej (szkoły i biura), dotyczących wentylacji oraz jakości powietrza wewnętrznego dotyczy żłobków. Żłobki są obiektami ważnymi z punktu widzenia społeczeństwa. Powstawanie nowych żłobków, zapewniających miejsca dla większej liczby dzieci, jest podyktowane istniejącą dużą potrzebą społeczną. Dzięki dostępowi do tego typu placówek możliwy jest szybszy powrót do pracy rodziców małych dzieci. Jest to szczególnie ważne dla kobiet, gdyż umożliwia im powrót na rynek pracy, a przez to zachowanie ciągłości kariery zawodowej. Może się też przyczynić do szybszego awansu oraz lepszych warunków emerytalnych.

Dzięki wprowadzeniu przepisów, które ułatwiają otwieranie placówek przeznaczonych do opieki nad dziećmi do lat 3, aż 200 000 dzieci ma obecnie możliwość uczęszczania do żłobków. Obiekty żłobkowe nie są jednak przebadane pod względem jakości powietrza wewnętrznego i sposobu ich wentylowania, dlatego istnieje pilna potrzeba prowadzenia badań i ukierunkowania projektowania ich wentylacji. Wszystkie badania dotyczące żłobków są pożądane, ponieważ przynoszą nowe informacje dotyczące sposobu ich funkcjonowania oraz wzbogacają stan wiedzy o tych obiektach. Dzięki identyfikacji sposobu użytkowania oraz ocenie wpływu różnych czynników środowiskowych na zdrowe warunki środowiska wewnętrznego, możliwe jest wprowadzenie nowych zasad projektowania wentylacji, w celu zapewnienia w żłobkach właściwych warunków dla zdrowego rozwoju najmłodszych dzieci.

Projektowanie instalacji wentylacyjnej w nowych budynkach jest obecnie na wysokim poziomie. Stosowane są nowoczesne rozwiązania i technologie, dzięki czemu uzyskuje się bardzo dobre warunki wewnętrzne, co z kolei zwiększa efektywność nauki lub pracy w budynkach wentylowanych. Badania naukowe wykazują, że obecnie największym aktualnym problemem jest modernizacja budynków, która uwzględni wentylację.

W badaniach własnych postanowiono uzupełnić lukę badawczą, dotyczącą wyników badań jakości powietrza w obiektach żłobkowych. Wykonano także ocenę technicznych możliwości zastosowania jednostek wentylacji zdecentralizowanej wraz z oceną bezpieczeństwa higienicznego jej stosowania. Uwzględniając wyniki pomiarów oraz oceniając sposób użytkowania żłobków, szczególnie w Polsce, a także biorąc pod uwagę czynniki ekonomiczne oraz przyzwyczajenia ludzi, zaproponowano strategię wentylacji pomieszczeń, która uwzględniła:

- Zastosowanie jednostek wentylacji zdecentralizowanej wyposażonych w wymienniki do odzysku ciepła;
- Prostotę systemu i jego użytkowania;
- Sposobu użytkowania budynku – wykorzystywanie dwóch oddzielnych sal, jednej do zabaw, a drugiej do spania;
- Wykorzystanie symulacji emisji ditlenku węgla do doboru odpowiedniego strumienia powietrza wentylacyjnego, z uwzględnieniem frekwencji oraz kubatury pomieszczeń, jak również mając na uwadze rozdział powietrza;
- Wietrzenie pomieszczeń w przypadku, gdy jakość powietrza zewnętrznego jest dobra, a temperatura powietrza neutralna w stosunku do temperatury powietrza wewnętrznego;
- Zabezpieczenie pomieszczeń przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi (pyłami zawieszonym) w okresie zimowym.

**Główna teza badań: istnieje możliwość zastosowania prostych, tanich w użytkowaniu oraz efektywnych systemów wentylacyjnych w budynkach istniejących, przeznaczonych na żłobki, dzięki którym zapewniona będzie właściwa jakość środowiska wewnętrznego dla odpowiedniego wzrostu i rozwoju małych dzieci.**

Tezę potwierdzono poprzez przeprowadzenie badań opisanych szczegółowo w różnych publikacjach (I.1–I.6).

Wkładem w rozwój dyscypliny było zaproponowanie wieloaspektowego podejścia do wentylowania pomieszczeń, które uwzględnia nie tylko wielkość strumienia powietrza, ale też wietrzenie pomieszczeń w razie potrzeby, analizę doboru strumienia w oparciu o informacje o frekwencji i kubaturze pomieszczenia, a dodatkowo bierze pod uwagę analizę technicznych możliwości montażu systemu wentylacyjnego w budynkach istniejących.

Stan wiedzy uzupełniono o dane dotyczące sposobu użytkowania obiektów żłobkowych oraz o wyniki pomiarów parametrów jakości powietrza w pomieszczeniach przeznaczonych na żłobki. Zwrócono też uwagę na istotność tego rodzaju placówek dla społeczeństwa.

Badania i ich wyniki doprowadziły do zawiązania współpracy między Politechniką Poznańską (Instytutem Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych) a Zespołem Poznańskich Żłobków, w efekcie której jeden z modernizowanych żłobków zostanie wyposażony w wentylację mechaniczną. Gdyby badania nie były prowadzone, a wyniki przekazane do bezpośrednich decydentów, zajmujących się nadzorem nad placówkami żłobkowymi, modernizacja objęłaby jedynie docieplenie ścian zewnętrznych obiektu. Badania przyczyniły się zatem do podniesienia świadomości na temat potrzeby zwracania uwagi, nie tylko na straty ciepła przez przenikanie i konieczność izolowania cieplnego przegród, ale również na zapewnianie właściwej jakości powietrza wewnętrznego.

Badania zrealizowano w różnych zespołach badawczych. Każdorazowo oznaczono wszystkich współautorów i ich wkład procentowy oraz wyszczególniono merytoryczny wkład własny w powstanie publikacji.

Badania zrealizowano dzięki finansowaniu z Subwencji Badawczej Instytutu Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych oraz realizacji Interdyscyplinarnego Grantu Rektorskiego Politechniki Poznańskiej (2021 r.).

Efekty poza publikacyjne przeprowadzonych badań obejmują:

- 1) Podpisanie umowy o współpracy między Politechniką Poznańską a Zespołem Poznańskich Żłobków. W umowie zapisano, że odpowiedzialną za działania wentylacyjne jest dr inż. Katarzyna Ratajczak (III.2.5);
- 2) Konsultacje koncepcji projektowych dla modernizowanego żłobka publicznego zlokalizowanego w Poznaniu. Po konsultacjach zmieniono projekt termomodernizacji obiektu i wprowadzono w nim wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną;
- 3) Zaangażowanie w badania studentów kierunku Inżynieria Środowiska Politechniki Poznańskiej. Prowadząc pomiary w obiektach żłobkowych wykonane zostały dwie prace magisterskie (jedna pod kierunkiem dr inż. Katarzyny Ratajczak), oraz 4 prace inżynierskie (dwie pod kierunkiem dr inż. Katarzyny Ratajczak). Prace inżynierskie zdobyły II nagrodę (zespołową) w konkursie Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Rada w Poznaniu, za wyróżniające się prace dyplomowe w zakresie techniki, obronione na poznańskich uczelniach w 2021 r.

#### 4.2. Kontekst badań

Unia Europejska prowadzi działania, które mają zmierzać do zmniejszenia zużycia energii w budynkach. Dla budynków nowych wymagania w zakresie konieczności stosowania rozwiązań instalacyjnych (instalacje grzewczo-wentylacyjne, źródła ciepła) oraz budowlanych (izolacyjność przegród zewnętrznych, szczelności obudowy budynku) są ściśle określone. Ich spełnienie ma gwarantować, że nowopowstający budynek będzie zużywał minimalne ilości energii nieodnawialnej. W przypadku budynków istniejących, które stanowią największy udział w globalnym zużyciu energii, polskie wymagania dotyczą tylko konieczności izolowania przegród budowlanych zgodnie z wymaganiami warunków technicznych.

Realizując najnowszą strategię zmniejszania zużycia energii pierwotnej – Zielony Ład (Green Deal) dużą uwagę powinno się przykładac nie tylko do obniżania strat ciepła przez przenikanie, ale również zapewnienie zdrowych i dobrych warunków środowiska wewnętrznego w budynkach. Konieczne jest prowadzenie badań, których efekty będą powodowały zmiany kierunków projektowania działań modernizacyjnych w budynkach istniejących, ze szczególnym uwzględnieniem klimatu wewnętrznego.

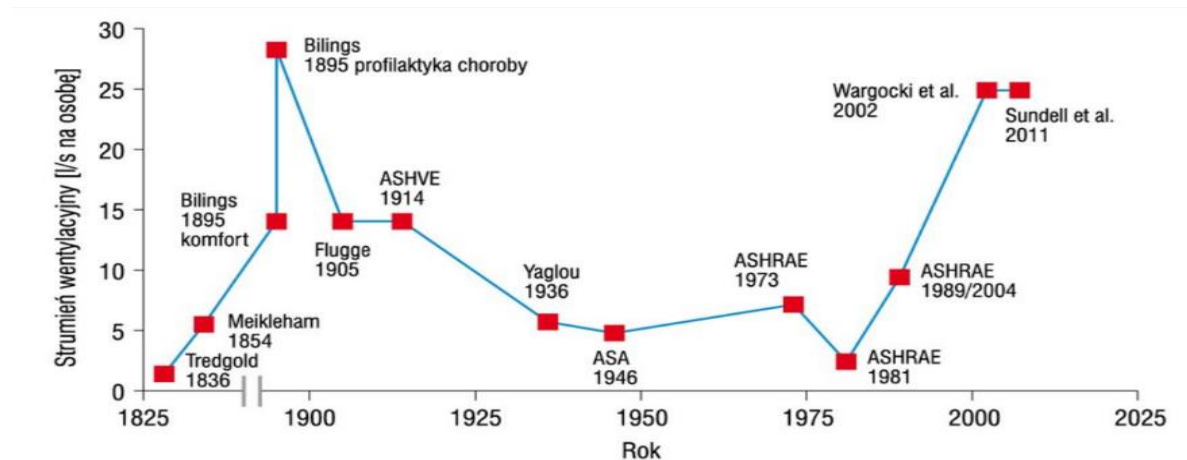
Z uwagi na te zagadnienia, opisane badania mają na celu znalezienie strategii wentylacji, która wpłynie na poprawę jakości powietrza wewnętrznego w budynkach istniejących, przy jednoczesnym zapewnieniu racjonalnego zużycia energii.

Badania naukowe dotyczące wentylacji oraz jakości powietrza wentylacyjnego prowadzone są na całym świecie od wielu lat. Wydawałoby się, że zrobiono już wszystko co możliwe, żeby wszyscy ludzie na świecie mieli zapewnione właściwe warunki do życia w zamkniętych pomieszczeniach. Niestety, pomimo zaproponowania pierwszych wytycznych dotyczących zapewniania strumienia powietrza zewnętrznego do przestrzeni zamkniętych już w 1824 r.<sup>1</sup> i ich okresowych aktualizacji

---

<sup>1</sup> Publikacja T.Tredgolda pt. *Principles of Warming and Ventilating Public Buildings* (przyp. aut.).

(Rys. 1.), to nadal istnieje konieczność prowadzenia badań w tym temacie oraz wprowadzania w życie ich wyników.



Rys. 1. Zmiany w wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego dla osoby dorosłej na przestrzeni lat<sup>2</sup>

Powstają zatem pytania: co jeszcze powinno się badać i co jeszcze można odkryć w zakresie wentylacji i jakości powietrza. Częściowo odpowiedział na nie mowy przegląd literatury zatytułowany „Co wiemy, a co powinniśmy wiedzieć o wentylacji”<sup>1</sup>. Autor omawia w nim stan wiedzy w zakresie jakości powietrza i wentylowania w oparciu o publikacje naukowe oraz o wyniki międzynarodowych projektów badawczych m.in. *HealthVent*.

Najważniejszym spostrzeżeniem autora, jest to, że każdy budynek, niezależnie od jego przeznaczenia oraz roku budowy, musi być wentylowany. Różne wytyczne, rozporządzenia, normy czy przepisy zazwyczaj nie określają rodzaju wentylacji, jaki powinien być zastosowany w budynku. Podają głównie wielkość strumienia powietrza, który należy zapewnić, w zależności od przeznaczenia budynku. Jest to jedna z istotniejszych kwestii, na którą zwracano uwagę w prowadzonych badaniach, zgłaszanych jako osiągnięcie naukowe.

W obecnym stanie wiedzy wymagania dla wentylacji są następujące:

- Instalacja musi być sprawna, niezawodna i dostosowująca się do zmiennych potrzeb oraz z możliwością reakcji na nieoczekiwane zmiany<sup>3</sup>;
- Istnieje pilna potrzeba stworzenia paradygmatu dotyczącego wentylacji, a próby jego zdefiniowania podjęto w latach 2011–2013 w projekcie *HealthVent* – minimalna ilość powietrza wentylacyjnego wynosi 4 l/s na osobę (14,4 m<sup>3</sup>/s na osobę), w przypadku zanieczyszczeń tylko od ludzi<sup>4</sup>;
- Należy zwracać uwagę na patogeny chorobotwórcze<sup>5</sup>;
- Badania należy prowadzić w różnych rodzajach budynków, z różnymi użytkownikami;

<sup>2</sup> Wargocki P. Co wiemy, a co powinniśmy wiedzieć o wentylacji? Rynek Instalacyjny 2022; 1-2.

<sup>3</sup> Melikov AK. Advanced air distribution: improving health and comfort while reducing energy use. *Indoor Air* 2016; 26(1): 112–124.

<sup>4</sup> Carrer P, et al. On the development of health-based ventilation guidelines: principles and framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018; 15(7): 1360.

<sup>5</sup> Morawska L, et al. A paradigm shift to combat indoor respiratory infection. *Science* 2021 372(6543): 689–691.

- Proponując nowe rozwiązania należy wykorzystywać obecną wiedzę i uzupełniać ją o wyniki z różnych, szczególnie nieprzebadanych obiektów;
- Należy wskazywać w swoich badaniach drogę dla projektantów, którzy powinni otrzymywać czytelne komunikaty, co do tego jak wyniki badań naukowych wykorzystywać w praktyce projektowej.

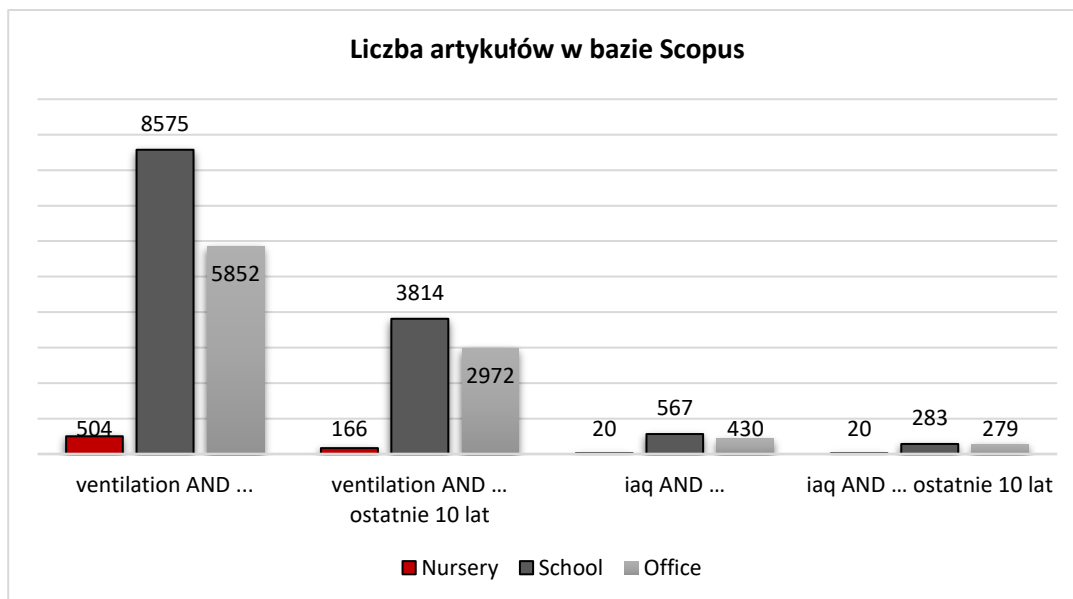
Aby prowadzone badania mogły wnieść nowość do nauki należy::

- Oceniać działanie instalacji wentylacyjnej w budynkach istniejących;
- Określać źródła zanieczyszczeń zewnętrznych i wewnętrznych;
- Oceniać możliwości redukcji ekspozycji na zanieczyszczenia z różnych źródeł;
- Zwrócić uwagę na zapewnianie właściwego środowiska wewnętrznego dla osób szczególnie wrażliwych i o szczególnych potrzebach, np. osób starszych, chorych czy dzieci.

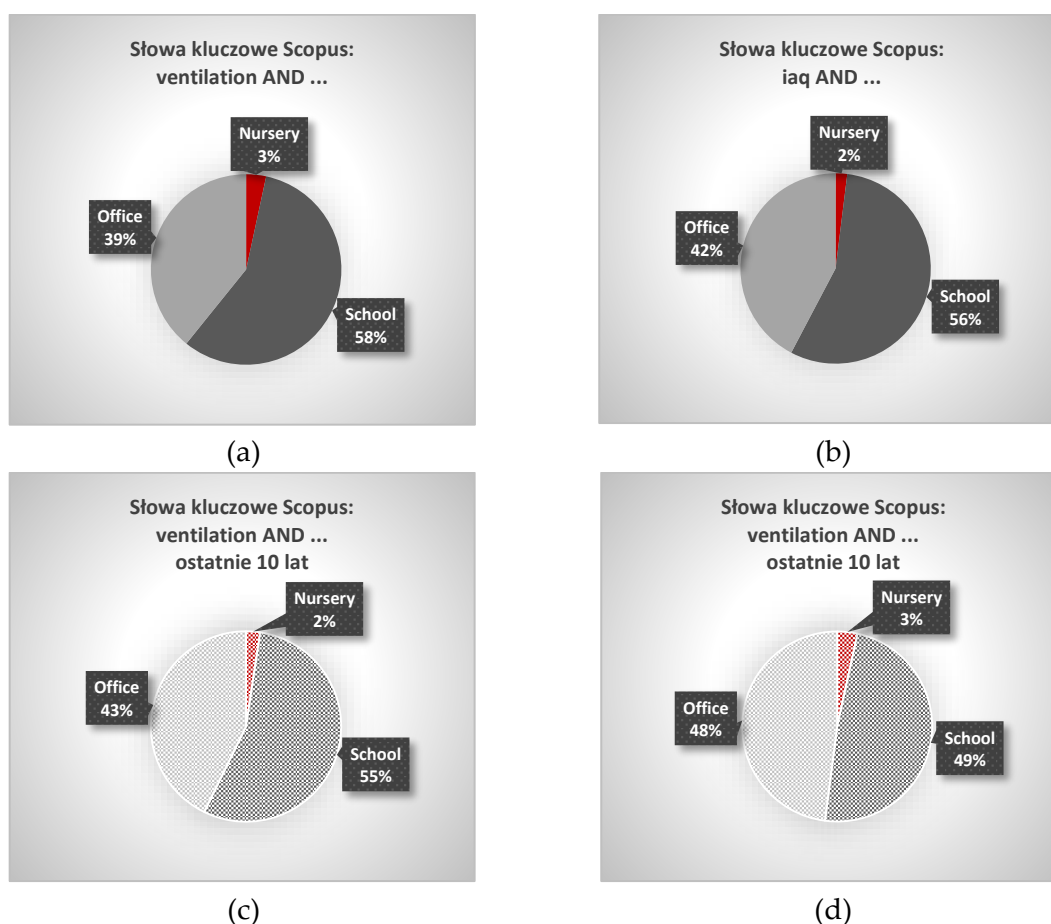
Jak zaznaczono, badania nad jakością powietrza prowadzone są od wielu lat, ale nadal istnieje potrzeba prowadzenia pomiarów, identyfikowania problemów oraz ukierunkowania badań inżynierskich na prezentowanie wyników, w sposób umożliwiający zastosowanie ich w praktyce. Dlatego też każde badania, dotyczące jakości powietrza wewnętrznego w budynkach istniejących, które przyczynią się do zmiany postrzegania wentylacji, są niezwykle istotne i wnoszą nową wiedzę, umożliwiającą rozwój nowych technologii i dostosowywanie się projektowania i eksploatacji, dzięki czemu możliwe jest zapewnianie zdrowych warunków dla ludzi, którzy spędzają około 90% swojego życia w pomieszczeniach zamkniętych.

Badania, które przyczyniają się do poprawy parametrów środowiska wewnętrznego wpisują się również w cele zrównoważonego rozwoju. Zapewnianie zdrowych i bezpiecznych parametrów powietrza wewnętrznego, to realizacja celu dobre zdrowie i jakość życia. A zwracanie uwagi na konieczność ograniczania zużycia energii, realizuje cel dotyczący wykorzystania innowacji w gospodarowaniu energią.

Jako obiekty badawcze do badań własnych wybrano obiekty żłobkowe, tym samym wypełniono lukę badawczą dotyczącą analizy środowiska wewnętrznego, identyfikacji problemów z jakością powietrza oraz rekomendacjami projektowymi dla tych obiektów. Placówki żłobkowe nie są częstym tematem badań naukowych. Dokonano przeglądu bazy publikacji naukowych Scopus. Wyszukiwano konkretne słowa kluczowe, które są słowami dla zgłaszanych badań: wentylacja (*ventilation*) oraz wewnętrzna jakość powietrza (*IAQ – Indoor Air Quality*). Zwracano uwagę na różnego rodzaju budynki użyteczności publicznej: biura, żłobki, szkoły. Liczby artykułów, które wyszukano, dla wybranych słów kluczowych oraz udział procentowy artykułów zaprezentowano na rysunku 2, a ich procentowy udział na rysunku 3 (a, b, c, d).



**Rys. 2.** Liczba artykułów indeksowanych w bazie Scopus dotyczących wentylacji i jakości powietrza wewnętrznego dla wybranych typów obiektów użyteczności publicznej: żłobków (*nursery*), biur (*office*) i szkół (*school*)



**Rys. 3.** Procentowy udział liczby artykułów dotyczących wentylacji (a, c) oraz jakości powietrza wewnętrznego (b, d) indeksowanych w bazie Scopus dla wszystkich publikacji (a, b) oraz opublikowanych w ostatnich 10 latach (c, d)



Publikacje dotyczące biur czy szkół są bardzo powszechne, a te dotyczące żłobków stanowią jedynie 2%. Wskazuje to na dużą konieczność uzupełniania stanu wiedzy, dotyczącego wentylacji i jakości powietrza dla tego typu obiektów, szczególnie biorąc pod uwagę, że w tych budynkach czas spędzają bardzo małe dzieci, których organizm doświadcza intensywnego wzrostu i rozwoju. Dlatego też podjęto się prowadzenia badań w budynkach istniejących, przeznaczonych do sprawowania w nich opieki nad dziećmi do lat 3.

**Wyniki badań uzupełniają lukę badawczą dotyczącą żłobków, a jednocześnie są odpowiedzią na potrzebę, skupiania szczególnej uwagi w badaniach na zapewnianie odpowiedniego środowiska wewnętrznego poprzez wentylację dla osób szczególnie wrażliwych.**

### 4.3. Żłobki jako obiekty badawcze

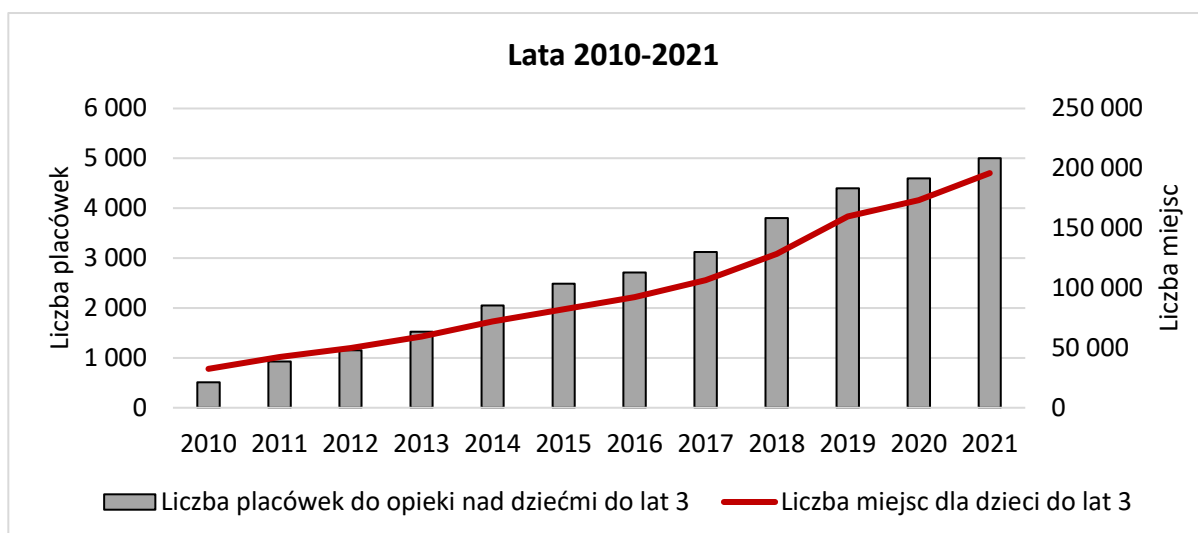
Wybierając tematykę badań, oprócz małej liczby prac opublikowanych w światowych czasopismach naukowych, pod uwagę brano również fakt, że istnieje coraz większa potrzeba oferowania możliwości kontynuowania pracy zawodowej przez rodziców najmłodszych dzieci, a szczególnie matki.

W związku z tym realizowany jest kolejny cel zrównoważonego rozwoju: równość płci oraz wzmacnianie pozycji kobiet na rynku pracy (cel 5). Żłobki są obiektami ważnymi z punktu widzenia społeczeństwa, ponieważ dzięki nim kobiety mogą szybko wrócić na rynek pracy i nie muszą decydować się na długie przerwy w karierze zawodowej. W przypadku braku możliwości zapewnienia opieki zorganizowanej nad dziećmi do lat 3, kobiety na ogół nie decydują się na powrót do pracy. Posiadanie dzieci często powoduje długie przerwy w karierze zawodowej, w efekcie czego kobietom jest trudno wrócić na rynek pracy. Wywołuje to negatywne skutki w życiu zawodowym kobiet, którym ogranicza się możliwości awansowania w pracy, otrzymania podwyżki, a w efekcie również obniża świadczenia emerytalne. Mając pewność, że dziecko będzie pod należytą opieką w placówce żłobkowej, a jednocześnie, że będzie miało tam dobre, zdrowe warunki do wzrostu i rozwoju, kobiety jeszcze chętniej decydowałyby się na powrót do pracy, co jest korzystne zarówno dla nich osobiście, jak i dla gospodarki. Dodatkowo w placówkach żłobkowych zatrudnianych jest wiele osób, najczęściej kobiet, więc miejsca te są również odpowiedzią na zapewnianie nowych miejsc pracy.

Jeszcze do niedawna, przed 2010 r., opieka żłobkowa nie była powszechna. Istniało przekonanie, że dzieci powinny być pod opieką rodziców do 3 roku życia. Placówki żłobkowe oferowały niewiele miejsc dla małych dzieci, co powodowało brak możliwości powrotu na rynek pracy przez kobiety. Z uwagi na zmiany społeczne, coraz więcej kobiet chce być aktywnych zawodowo, pomimo macierzyństwa. Blokadą był również częsty brak zorganizowanej opieki nad dziećmi do lat 3, szczególnie w dużych miastach w Polsce. Stan ten zaczął się zmieniać po uchwaleniu Ustawy z dnia 4 lutego 2011 r. o opiece nad dziećmi w wieku do lat 3<sup>6</sup>. Ustawa zaczęła obowiązywać od 4 kwietnia 2011 r. i przewidziano w niej cztery formy opieki nad dziećmi do lat 3: żłobek, klub dziecięcy, opiekun dzienny i niania. Dzięki tej ustawie świadczenie opieki żłobkowej przestało być traktowane jako świadczenie zdrowotne. W efekcie w Polsce zaczęły powstawać prywatne placówki żłobkowe i kluby dziecięce, umożliwiające rodzicom pozostawienie dziecka w bezpiecznych rękach i ich szybszy powrót do pracy. Powołując się na dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) można prześledzić, jak zmieniała się liczba miejsc w placówkach do opieki nad dziećmi do lat 3. Zmiany zaprezentowano na rysunku 4.

---

<sup>6</sup> Dz. U. z 2011 r., nr 45, poz.235.



**Rys. 4.** Wykres przedstawiający liczbę placówek i liczbę miejsc do opieki nad dziećmi do lat 3 w Polsce w latach 2010–2021

**Źródło:** GUS.

Liczba placówek w latach 2010–2021 zwiększyła się 10-cio krotnie. Oferowanych jest obecnie ponad 6 razy więcej miejsc niż jeszcze dekadę temu. Wprowadzona w 2011 r. ustawa sprawiła, że możliwe było stworzenie nowych miejsc. Wzrost liczby placówek i liczby przyjmowanych dzieci nie był jednak spowodowany wybudowaniem nowych budynków, ale efektem przystosowywania budynków istniejących do wymagań sformułowanych w ustawie tak, żeby w budynku można było otworzyć żłobek lub klub dziecięcy.

Z uwagi na dużą potrzebę społeczeństwa w zakresie zorganizowanej opieki nad dziećmi do lat 3 i dzięki ułatwieniom wprowadzonym ustawą o żłobkach, żłobki i kluby dziecięce powstawały w budynkach, których pierwotnym celem nie było użytkowanie przez wiele osób, czyli w budynkach mieszkalnych.

Wymagania lokalowe dla placówek przeznaczonych do opieki nad dziećmi do lat 3 zapisano w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 25 marca 2011 r.<sup>7</sup>. Przepisy określały szereg wymagań dla właścicieli żłobków, a te które bezpośrednio dotyczyły zapewnienia odpowiedniej powierzchni/kubatury dla pomieszczeń uwzględniały:

- Zapewnienie powierzchni minimum 16 m<sup>2</sup> dla grupy 3–5 dzieci;
- Zwiększenie powierzchni na każde kolejne dziecko o 2 m<sup>2</sup> (gdy czas przebywania wynosi do 5 godzin) lub 2,5 m<sup>2</sup>, gdy czas ten jest dłuższy;
- Wysokość minimalna pomieszczenia powinna wynosić 2,5 m;
- Minimum 50% powierzchni okien powinno być otwieralne.

Rozporządzenie zostało zaktualizowane w 2014 r.<sup>8</sup>. W zakresie jakości powietrza pojawiło się wymaganie dotyczące konieczności wietrzenia pomieszczeń każdego dnia, minimum 4 razy przez 10 minut, w przypadku gdy pomieszczenia nie są wyposażone w wentylację mechaniczną. Jest to rozporządzenie obowiązujące do dziś.

W związku z obowiązującymi przepisami dotyczącymi wymagań lokalowych dla pomieszczeń przeznaczonych do opieki nad dziećmi do lat 3, postawiono sobie pytanie: czy wymagania

<sup>7</sup> Dz.U. z 2011 r., nr 69, poz. 367.

<sup>8</sup> Dz.U. z 2014 r., poz. 925.

te umożliwiają zapewnienie odpowiedniej jakości środowiska wewnętrznego? Analizy opisano w artykułach dotyczących badań pilotażowych w wybranej placówce żłobkowej, które podjęto w celu sprawdzenia, czy w żłobkach występuje problem z jakością powietrza wewnętrznego, który jest powszechny w innych placówkach edukacyjnych, a które są częściej badane (szkoły, przedszkola).

W nawiązaniu do przywołanych przepisów w różnych miastach powstały dokumenty, w których opisano standardy opieki nad dziećmi do lat 3 w placówkach żłobkowych i klubach dziecięcych. Wszystkie zaznaczają istotność zapewnienia bezpieczeństwa, właściwego nadzoru przez opiekunów, czystości i odpowiedniej wielkości pomieszczeń przeznaczonych na swobodną zabawę oraz konieczność spędzania czasu na zewnątrz<sup>9,10</sup>. Żaden z dokumentów nie odnosi się do zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego.

Jakość powietrza wewnętrznego określona przez stężenie pyłów zawieszonych, obecność drobnoustrojów chorobotwórczych oraz stężenie ditlenku węgla jest bardzo ważna z uwagi na to, że dzieci przebywające w żłobkach i klubach dziecięcych są w okresie intensywnego wzrostu i rozwoju organizmu. Powinny zatem mieć zapewnione co najmniej takie warunki środowiska wewnętrznego, jakie mają w domach. W przypadku budynków mieszkalnych jakość powietrza wewnętrznego w zakresie stężenia ditlenku węgla jest z reguły dobra. Emisja ditlenku węgla w domach i mieszkaniach jest mała, z uwagi na mniejsze zagęszczenie ludzi w pomieszczeniach. Kubatura wewnętrzna przypadająca na każdą osobę jest znacząco większa niż ta, która jest wymagana w rozporządzeniu o wymaganiach lokalowych dla żłobków. Istotne jest więc zwracanie uwagi na powszechnie stosowane wskaźniki jakości powietrza, które pośrednio powinny definiować sposób wymiany powietrza w pomieszczeniach.

#### **4.4. Badania pilotażowe**

##### **4.4.1. Badania sali zabaw bez wentylacji mechanicznej w 2017 r.**

W ramach badań pilotażowych przeprowadzono ocenę jakości powietrza w sali użytkowanej jako żłobek<sup>11</sup>. Badania przeprowadzono w marcu 2017 r. Wybrano jedną z placówek niepublicznych w Poznaniu, w której żłobek prowadzony był od 2011 r.

Analizowana sala znajdowała się na parterze budynku, którego wcześniejszym przeznaczeniem były cele mieszkaniowe. W badanej sali przebywać mogło jednocześnie 13 dzieci w wieku poniżej 1,5 roku oraz 3 opiekunki. Była ona przeznaczona do zabaw. Oprócz tego sąsiednie pomieszczenie było salą sypialnianą, użytkowaną przez około 3 godziny dziennie.

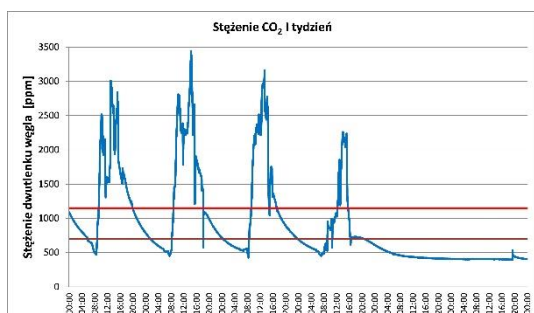
W pierwszym etapie badań oceniono, że analizowane pomieszczenie spełnia wymagania rozporządzenia w sprawie wymagań stawianych lokalom, w których prowadzone są żłobki. Zarówno powierzchnia, jak i kubatura sali były odpowiednie dla liczby dzieci zapisanych do grupy. W ramach wietrzenia okna były otwierane na minimum 40 minut każdego dnia. Badania jakości powietrza obejmowały temperaturę, wilgotność względną oraz stężenie ditlenku węgla. Wyniki pomiarów oceniono w świetle wymagań ogólnych dla budynków istniejących oraz dla osób wrażliwych. Wyniki dla pierwszego tygodnia badań zaprezentowano na rys. 5. (a, b, c, d).

---

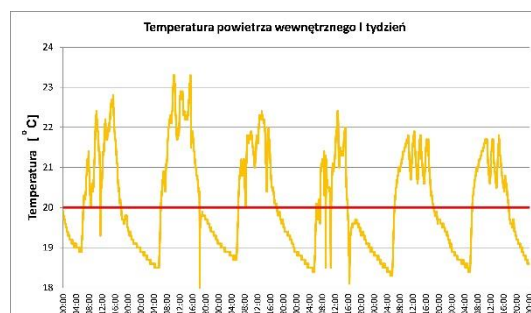
<sup>9</sup>[https://www.frd.org.pl/wp-content/uploads/2016/02/Standardy-jakosci\\_klub-dzieciocy.pdf](https://www.frd.org.pl/wp-content/uploads/2016/02/Standardy-jakosci_klub-dzieciocy.pdf)

<sup>10</sup> <https://rpo.lodzkie.pl/images/2018/127-nabor-10.1/zal20.pdf>

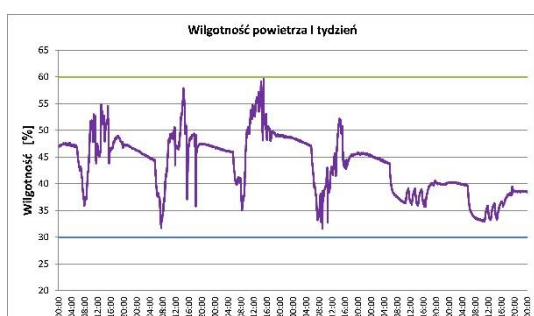
<sup>11</sup> Łochyński S, Ratajczak K. Jakość powietrza w budynku użytkowanym jako żłobek. Rynek Instalacyjny 2017; 10.



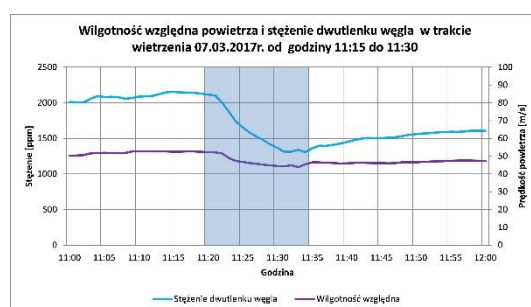
(a)



(b)



(c)



(d)

**Rys.5.** Wyniki pomiarów jakości powietrza dla wybranego tygodnia badań pilotażowych: a) stężenie ditlenku węgla, b) temperatura powietrza wewnętrznego, c) wilgotność względną powietrza wewnętrznego, c) wpływ wietrzenia na stężenie ditlenku węgla oraz wilgotność względną w pomieszczeniu

Na podstawie badań sformułowano wnioski i kierunki dalszych badań:

- 1) Spełnienie wymagań zawartych w rozporządzeniu dotyczącym wymagań lokalowych dla prowadzenia żłobka lub klubu, nie gwarantuje zapewnienia właściwej jakości powietrza w pomieszczeniach.
- 2) Mimo wietrzenia pomieszczeń stężenie dwutlenku węgla znacznie przekraczało zalecane normy, osiągając wartości przekraczające je nawet trzykrotnie (3500 ppm, przy zaleceniach 700 i 1150 ppm).
- 3) W analizowanym pomieszczeniu zapewniona była wymagana kubatura pomieszczenia dla liczby zapisanych do grupy dzieci, mimo to przekroczenia występowały nawet przy frekwencji niższej niż 50% (w te dni stężenie osiągało wartości przekraczające 2000 ppm, zatem dwukrotnie większe od zalecanych).
- 4) W świetle przedstawionych wyników należałoby wziąć pod uwagę zmianę przepisów dotyczących budynków z lokalami przeznaczonymi na żłobek lub klub dziecięcy, w których nie ma wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej i wprowadzić zalecenie dotyczące większej kubatury przypadającej na dziecko, co mogłoby poprawić jakość powietrza. Wymagałoby to jednak przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań.
- 5) Zalecane jest wprowadzanie w budynkach istniejących przeznaczonych na potrzeby opieki nad dziećmi do lat 3 wentylacji wymuszonej. Warto rozważyć techniczne możliwości zastosowania tego rozwiązania.

#### 4.4.2. Wymagania dotyczące wentylacji dla placówek edukacyjnych w 2018 r.

Z uwagi na nieprecyzyjne wytyczne dotyczące wentylowania placówek do opieki nad dziećmi do lat 3, wykonano przegląd literatury w zakresie wytycznych dotyczących wymaganego strumienia

powietrza wentylacyjnego w placówkach edukacyjnych w różnych krajach<sup>12</sup>. Dane zestawiono w tabeli 1.

**Tab. 1** Porównanie wymaganych strumieni powietrza zewnętrznego w Polsce i zagranicą

Wymagany typ wentylacji	Wymagany projektowany strumień powietrza		Kraj	
Naturalna zapewniająca strumień powietrza zewnętrznego	dla osoby dorosłej	20 m <sup>3</sup> /(h·os)	Polska	
	dla dziecka	15 m <sup>3</sup> /(h·os)		
	przy maksymalnym strumieniu powietrza do 3 wymian na godzinę dla budynku szkoły i przedszkola lub 2 wymiany na godzinę dla budynku żłobka			
Mechaniczna	dla osoby dorosłej	20 m <sup>3</sup> /(h·os)	Polska	
	dla dziecka	15 m <sup>3</sup> /(h·os)		
Naturalna lub mechaniczna zapewniająca strumień powietrza zewnętrznego	dla każdej osoby	30 m <sup>3</sup> /(h·os)	Niemcy	
Naturalna lub mechaniczna zapewniająca strumień powietrza zewnętrznego	obecność wyłącznie ludzi	kategoria A	3,6 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	Norma europejska CEN
		kategoria B	2,5 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	
		kategoria C	1,4 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	
	efekt pomieszczenia	kategoria A	7,2÷10,8 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	
		kategoria B	5,0÷7,6 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	
		kategoria C	2,9÷4,3 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	
Mechaniczna	minimalny strumień przez cały czas	18 m <sup>3</sup> /(h·os)	Anglia i Walia	
	zdolność osiągnięcia strumienia maksymalnego o wartości w każdej chwili minimum	28,8 m <sup>3</sup> /(h·os)		
Naturalna zapewniająca strumień powietrza zewnętrznego	minimalny strumień powietrza zewnętrznego	10,8 m <sup>3</sup> /(h·os)		
	średnia wartość strumienia przez cały czas	18 m <sup>3</sup> /(h·os)		
	zdolność osiągnięcia strumienia maksymalnego o wartości w każdej chwili minimalnej	28,8 m <sup>3</sup> /(h·os)		
Naturalna lub mechaniczna zapewniająca strumień powietrza zewnętrznego	dla dzieci w wieku do lat 9	18 m <sup>3</sup> /(h·os) oraz 3,2 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )		USA
Mechaniczna	dla dziecka	10,8 m <sup>3</sup> /(h·os)	Dania	
	dla dorosłego	18 m <sup>3</sup> /(h·os)		
	dodatkowo ze względu na pomieszczenie	1,26 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )		

Z powyższego przeglądu wynika, że dla placówek edukacyjnych, a szczególnie żłobków, wymagany strumień powietrza wentylacyjnego wynosi od 10,8 m<sup>3</sup>/h do 30 m<sup>3</sup>/h na każdą osobę. Przy czym w krajach, w których na dziecko przypada najmniejszy z tych strumieni powietrza wymagane jest zastosowanie wentylacji mechanicznej (Dania), lub jest to strumień minimalny (Anglia i Walia). Polskie przepisy wskazują konieczność zapewnienia minimalnej krotności wymian powietrza

<sup>12</sup> Ludwiczak A, Ratajczak, K. Wentylacja placówek dydaktyczno-edukacyjnych. Przegląd wybranych polskich i zagranicznych wymagań dotyczących strumienia powietrza i stężenia CO<sub>2</sub>. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2018; 3.

wynoszącej 2 lub strumienia powietrza wynoszącego 15 m<sup>3</sup>/h na każde dziecko. Są to wartości projektowe.

Niestety, w praktyce, nie jest sprawdzana ani rzeczywista krotność wymian, ani strumień powietrza jaki rzeczywiście jest dostarczany do pomieszczenia, co powoduje złą jakość powietrza wewnętrznego. Zaprojektowanie wentylacji wymuszonej, o podanej wydajności powinno być wystarczające do utrzymania zdrowych warunków do przebywania małych dzieci w pomieszczeniach.

W ramach przeglądu literatury przedmiotu zestawiono maksymalne wartości stężenia ditlenku węgla w różnych krajach, które wynosiły od 750 ppm do 1500 ppm.

Wyniki przeglądu literatury podsumowano wnioskami wskazującymi kierunki dalszych badań:

- 1) Różne kraje dopuszczają stosowanie wentylacji mechanicznej i naturalnej. W Polsce ograniczeniem dla stosowania wentylacji grawitacyjnej jest wielkość obliczeniowego strumienia powierza do 3 wymian na godzinę dla szkół i przedszkoli oraz do 2 wymian na godzinę dla żłobków. Przy większym obliczeniowym strumieniu powietrza istnieje konieczność stosowania wentylacji mechanicznej.
- 2) Wszystkie przepisy określają, że konieczne jest spełnienie przez systemy wentylacyjne wymagań stawianych w normach i przepisach. Porównując wymagania polskie z obowiązującymi w Niemczech, Anglii i Walii oraz Ameryce, można zauważyć, że wymagane strumienie minimalne są wyższe w wymienionych państwach w stosunku do Polski. Różnica ta nie jest duża, stanowi 3 m<sup>3</sup>/(h·os). Spośród przedstawionych państw, Dania jako jedyna wprowadza konieczność stosowania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Pozwala ona na skuteczną kontrolę strumieni i choć wymagania minimalne dla każdego dziecka są stosunkowo niskie, w porównaniu z pozostałymi państwami (10,8 m<sup>3</sup>/(h·os)). Zastosowanie wentylacji mechanicznej pozwala na dostosowanie strumienia do aktualnie panujących warunków w pomieszczeniu i gwarantuje, że taki strumień powietrza na pewno zostanie dostarczony do pomieszczenia, czego nie da się osiągnąć w przypadku wentylacji naturalnej.
- 3) Projektowany strumień powietrza zewnętrznego ma istotny wpływ na wartość stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniach.
- 4) Wymagania w zakresie parametrów powietrza wewnętrznego dla najmłodszych dzieci, z punktu widzenia prawidłowego wzrostu i zdrowia, są takie, żeby stężenie ditlenku węgla nie przekraczało 1000ppm. Stosowania wentylacji naturalnej nie gwarantuje uzyskania takich parametrów.

Dokonany przegląd stanu wiedzy pozwolił na sformułowanie programu badań związanego z poszukiwaniem rozwiązania zapewniającego odpowiednią jakość powietrza poprzez zastosowanie minimalnego strumienia powietrza nawiewanego.

#### **4.4.3. Wnioski do dalszych badań**

- 1) Placówki żłobkowe są coraz powszechniejsze, należy zatem prowadzić w nich badania, żeby możliwe było poprawienie stanu istniejącego, w zakresie jakości środowiska wewnętrznego.
- 2) Coraz liczniejsze placówki żłobkowe otwierane są w budynkach istniejących. Należy proponować rozwiązania poprawiające jakość powietrza wewnętrznego możliwe do zastosowania w takich właśnie miejscach.
- 3) Mimo spełnienia wymagań lokalowych dla placówek żłobkowych jakość powietrza nie jest w nich zadowalająca. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań.
- 4) Wytyczne dotyczące systemów wentylacji są ogólne, projektowanie budynku w oparciu o nie powoduje, że nastąpi rzeczywista wymiana powietrza.

- 5) Konieczne jest przeprowadzenie szczegółowych badań, identyfikacja czynników wpływających na stan powietrza wewnętrznego oraz sprecyzowanie wymagań w zakresie wentylowania żłobków uwzględniających to, że są one otwierane w budynkach istniejących, ze zmienionym sposobem użytkowania, z małą ilością miejsca oraz dla dużej liczby dzieci. Należy brać pod uwagę sposób funkcjonowania żłobków. Proponowane rozwiązania muszą być proste, łatwe do zaimplementowania i do użytkowania, a jednocześnie gwarantujące niskie koszty i zapewniające odpowiednie parametry powietrza.

Powyższe badania zaplanowano, przeprowadzono i opisano w zgłaszonym cyklu publikacji: strategia wentylacji pomieszczeń w budynkach istniejących użytkowanych przez żłobki.

#### **4.5. Cele badań**

Strategia wentylacji pomieszczeń w budynkach istniejących użytkowanych przez żłobki została sformułowana dzięki przeprowadzeniu badań, które zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych. Opublikowane wyniki badań obejmują 6 (zestawienie w tabeli 2.):

1. *Impact of physical and microbiological parameters on proper indoor air quality in nursery (I.1);*
2. *Assessment of the air streams mixing in wall-type heat recovery units for ventilation of existing and refurbishing buildings toward low energy buildings (I.2);*
3. Analiza możliwości stosowania systemu wentylacji zdecentralizowanej w budynkach edukacyjnych (I.3);
4. *The well-being of children in nurseries does not have to be expensive: the real costs of maintaining low carbon dioxide concentrations in nurseries (I.4);*
5. *The way of usage and location in a big city agglomeration as impact factors of the nurseries indoor air quality (I.5);*
6. *Ventilation strategy for proper IAQ in existing nurseries buildings - lesson learned from the research during COVID-19 pandemic (I.6).*

**Tab. 2.** Zestawienie publikacji tworzących cykl jednotematyczny

Poz.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo Rok	MEiN	IF
I.1	Basińska Małgorzata, Michałkiewicz Michał, <b>Ratajczak Katarzyna</b>	<i>Impact of physical and microbiological parameters on proper indoor air quality in nursery</i>	<i>Environment International</i> 132, 2019	140	7,577
I.2	<b>Ratajczak Katarzyna*</b> Amanowicz Łukasz, Szczechowiak Edward	<i>Assessment of the air streams mixing in wall-type heat recovery units for ventilation of existing and refurbishing buildings toward low energy buildings</i>	<i>Energy and Buildings</i> 227, 2020	140	5,879
I.3	Amanowicz Łukasz, <b>Ratajczak Katarzyna*</b> , Szczechowiak Edward	Analiza możliwości stosowania systemu wentylacji zdecentralizowanej w budynkach edukacyjnych	Instal 10, 2019	70	–
I.4	<b>Ratajczak Katarzyna*</b> , Basińska Małgorzata	<i>The well-being of children in nurseries does not have to be expensive: the real costs of maintaining low carbon dioxide concentrations in nurseries</i>	<i>Energies</i> 14, 8, 2021	140	3,252
I.5	Basińska Małgorzata, <b>Ratajczak Katarzyna*</b> , Michałkiewicz Michał, Fuć Paweł, Siedlecki Maciej	<i>The way of usage and location in a big city agglomeration as impact factors of the nurseries indoor air quality</i>	<i>Energis</i> 14,22, 2021	140	3,252
I.6	<b>Ratajczak Katarzyna*</b>	<i>Decentralized Ventilation as a Strategy for Proper IAQ in Existing Nurseries Buildings -Lesson learned from the COVID-19 pandemic</i>	<i>Aerosols and Air Quality Research,</i> 22,3, 2022	100	4,530
Podsumowanie naukometryczne				730	24,490

\*autor korespondencyjny

Opis wkładu merytorycznego w powstanie publikacji wraz z ich kopiami i oświadczeniami współautorów znajduje się w załączniku 5.

Cel wykonania pierwszych badań, opisanych w publikacji I.1, został wybrany w efekcie przeprowadzenia badań pilotażowych. Zdecydowano się na przeprowadzenie serii eksperymentów pomiarowych w 4 salach użytkowanych przez żłobek. Celem była identyfikacja czynników powodujących złe parametry powietrza wewnętrznego. Jednocześnie zaproponowano wprowadzenie urządzenia wentylacyjnego w postaci jednorurowego systemu wentylacji zdecentralizowanej z wentylatorami rewersyjnymi i ceramicznymi wymiennikami ciepła.

Ponieważ istniała wątpliwość, co do stosowania takiego rozwiązania w praktyce, która wynika z zapisów warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, dotyczących lokalizacji czepni i wyrzutni powietrza, przeprowadzono badania laboratoryjne, które obejmowały opracowanie metodologii oceny mieszania się strumieni powietrza, podczas działania urządzeń tego typu. Badania i ich wyniki opisano w publikacji I.2. Badania miały na celu znalezienie odpowiedzi na pytanie: czy stosowanie takich urządzeń, które wykazały potencjał do poprawy jakości powietrza, mogą być powszechnie stosowane? W publikacji I.3 zaprezentowano podobne badania,



ale dla większych jednostek wentylacyjnych, przeznaczonych dla szerokorozumianych budynków edukacyjnych. Chociaż żłobki nie są typowymi budynkami edukacyjnymi, to charakter działań, które się w nich odbywają można porównać do działań prowadzonych w najmłodszych grupach placówek przedszkolnych.

Dzięki potwierdzeniu, że jednostki wentylacyjne przeznaczone dla pojedynczych pomieszczeń, w tym z wentylatorami rewersyjnymi, są bezpieczne pod względem higienicznym, dalsze badania w cyklu były ukierunkowane na scharakteryzowanie i zastosowanie tych urządzeń w istniejących placówkach żłobkowych wraz z oceną kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, które są często czynnikiem blokującym decyzje dotyczące inwestycji w modernizację systemu wentylacji w budynkach. Wyniki tych analiz przedstawiono w publikacji I.4.

Ponieważ istniejące placówki żłobkowe najczęściej nie są wyposażone w wentylację mechaniczną, przeprowadzono długotrwałe pomiary jakości powietrza w placówkach żłobkowych w Poznaniu, które miały na celu scharakteryzowanie sposobu użytkowania żłobków oraz wpływu parametrów powietrza zewnętrznego na wewnętrzną jakość powietrza (publikacja I.5). W badaniach określono wpływ wielkości sal na jakość powietrza wewnętrznego, wpływ sposobu wietrzenia na jakość powietrza zewnętrznego, a także wpływ pory roku.

Dzięki przeprowadzeniu badań, opisanych w publikacjach I.1–I.5, możliwe było sformułowanie strategii wentylacji żłobków prowadzonych w budynkach istniejących (publikacja I.6).

#### **Cele badawcze:**

- 1) Identyfikacja czynników wpływających na stan powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach użytkowanych przez żłobki, które zostały otwarte w budynkach istniejących – badania w obiekcie istniejącym.
- 2) Ocena zastosowania ściennego, fasadowego urządzenia wentylacyjnego o małej wydajności w ścianach zewnętrznych istniejącego budynku żłobkowego do poprawy jakości powietrza wewnętrznego pod kątem parametrów fizycznych i mikrobiologicznych – badania w obiekcie istniejącym.
- 3) Ocena bezpieczeństwa higienicznego zastosowania wentylacji opartej o wentylatory rewersyjne o małej wydajności w zakresie mieszania się strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego – badania doświadczalne.
- 4) Ocena bezpieczeństwa higienicznego zastosowania wentylacji wykorzystującej jednostki wentylacyjne o większej wydajności – badania doświadczalne.
- 5) Ocena kosztów zastosowania wentylacji zdecentralizowanej w obiekcie żłobkowym – analiza symulacyjna doboru jednostek wentylacyjnych w oparciu o model jakości powietrza oraz ocena kosztów i czasu zwrotu inwestycji.
- 6) Ocena wpływu parametrów klimatu zewnętrznego na jakość powietrza wewnętrznego w celu zaproponowania sposobu użytkowania pomieszczeń – badania w obiektach istniejących, znajdujących się w różnych lokalizacjach.
- 7) Analiza wpływu wietrzenia pomieszczeń przez otwieranie okien na jakość powietrza wewnętrznego w trakcie różnych pór roku – badania w obiektach istniejących.
- 8) Analiza sposobu użytkowania pomieszczeń w żłobkach i wykorzystywanych przez nie sal dla dzieci – zdefiniowanie standardowego użytkowania obiektów wykorzystywanych jako żłobki.
- 9) Ocena kosztów podgrzewania powietrza dostarczanego do pomieszczeń w celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego przez różne systemy wentylacyjne – analiza symulacyjna.
- 10) Zdefiniowanie strategii wentylacji, uwzględniającej wnioski ze wszystkich badań zrealizowanych w całym cyklu oraz badań innych autorów opublikowanych w czasie pandemii

COVID-19. Strategia powinna uwzględniać sposób funkcjonowania i przyzwyczajenia ludzi oraz warunki klimatyczne, w tym źródła zanieczyszczeń powietrza zewnętrznego w Polsce.

#### 4.6. Realizacja celów badawczych – wnioski z badań

Poprzez realizację badań I.1–I.6, zrealizowano cele badawcze opisane w rozdziale 4.4. Dzięki badaniom uzyskano bardzo wartościowe wnioski, które doprowadziły do sformułowania strategii wentylacji pomieszczeń, przeznaczonych do opieki nad dziećmi do lat 3, prowadzonych w budynkach istniejących. Żłobki są obiektami ważnymi z punktu widzenia społecznego w Polsce i na świecie, ponieważ dają możliwość powrotu do pracy rodzicom najmłodszych dzieci. Jest to szczególnie istotne dla matek, które dzięki żłobkom nie muszą robić długich przerw w karierze zawodowej, co skutkować może awansowaniem na wyższe stanowisko w pracy. Jednak niezmiernie ważne jest, żeby dzieci przebywające w żłobkach miały dobre i zdrowe warunki do rozwoju i wzrostu (I.6). Poniżej zestawiono zdefiniowane cele badawcze oraz wnioski jakie przedstawiono w ramach danego zakresu zadań. Oznaczono również publikacje stanowiące osiągnięcie, w których się one znalazły.

##### 1) Identyfikacja czynników wpływających na stan powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach użytkowanych przez żłobki, które zostały otwarte w budynkach istniejących – badania w obiekcie istniejącym

**Wymagania lokalowe:** Wymagania lokalowe dla pomieszczeń, w których otwierane są żłobki nie gwarantują dobrej jakości powietrza wewnętrznego. Przeprowadzone badania wykazały, że pomimo spełnienia wymagań dotyczących powierzchni pomieszczeń wskazanych w Rozporządzeniu Ministra w sprawie warunków lokalowych dla otwarcia żłobków i klubów dziecięcych, jakość powietrza we wszystkich pomieszczeniach żłobka nie jest idealna. Natomiast w pomieszczeniach z większą powierzchnią niż wymagana rozporządzeniem sytuacja w zakresie parametrów środowiska wewnętrznego jest zdecydowanie lepsza – publikacja I.1.

**Kubatura pomieszczeń:** Zapewnienie pomieszczeń o większej kubaturze powoduje mniejszą dynamikę wzrostu stężenia CO<sub>2</sub>, istotny jest więc odpowiedni dobór pomieszczeń do ich sposobu użytkowania i liczby osób w nim przebywającym – publikacja I.4.

**Koszty prowadzenia żłobka:** Jak zaznaczono wcześniej, wymagania lokalowe nie gwarantują zapewnienia odpowiednich warunków dla dzieci. Zmniejszanie liczebności grup powodować będzie obniżenie zysków właścicieli. Rozwiązaniem tego problemu i dylematu związanego z inwestowaniem w systemy wentylacyjne powinna być analiza kosztowa, która uwzględni przeniesienie części kosztów modernizacji budynku i jego eksploatacji na rodziców dzieci poprzez podniesienie czesnego. Rodzice, wiedząc, że ich dzieci przebywają w zdrowym środowisku, powinni być skłonni do poniesienia opłaty wynoszącej około 5% – publikacja I.4.

**Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne systemów wentylacji mechanicznej:** Koszty montażu i eksploatacji urządzeń wentylacyjnych mogą być czynnikiem blokującym podjęcie decyzji o modernizacji obiektu istniejącego. Stosując wentylację zdecentralizowaną (np. jednostki ściennie z wentylatorami rewersyjnymi z wymiennikiem do odzysku ciepła) możliwe jest zapewnienie jakości powietrza na właściwym poziomie, co nie jest możliwe w przypadku, gdy pomieszczenia są wietrzone jedynie od czasu do czasu (czego wymagają przepisy prawne) – publikacja I.5.

**Parametry powietrza zewnętrznego a parametry powietrza wewnętrznego:** Wyniki pomiarów stężenia pyłów zawieszonych oraz temperatury powietrza zewnętrznego analizowano w 3 różnych lokalizacjach Poznania. Wykazano, że istnieje ścisłe powiązanie między stężeniem CO<sub>2</sub> a temperaturą powietrza zewnętrznego. Dzięki dodatkowej analizie natężenia ruchu samochodowego w pobliżu placówek żłobkowych w różnych porach roku, oceniono, że dominującym czynnikiem wpływającym na stężenie pyłów zawieszonych wewnątrz żłobków jest emisja ze źródeł ciepła. W okresie letnim stężenie pyłów zawieszonych w powietrzu zewnętrznym było bardzo niskie, podczas gdy w okresie zimowym było wysokie, przekraczając wytyczne WHO. Analizowano ruch samochodowy w różnych

porach roku i oceniono, że liczba samochodów była podobna, zatem nie ruch samochodowy, a źródła ciepła są emitorami zanieczyszczeń w pobliżu żłobków – publikacja I.5.

**System wentylacji:** Brak systemu wentylacji wymuszonej i odpowiedniego rozdziału powietrza jest głównym powodem podwyższonego stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniach żłobków – publikacja I.5.

**Sposób użytkowania pomieszczeń:** Z punktu widzenia jakości powietrza ważnymi czynnikami, które zidentyfikowano w badaniach jest sposób użytkowania pomieszczenia, wielkość pomieszczenia oraz wielkość strumienia powietrza na osobę, a nie krotność wymian – publikacja I.6.

**Jednostkowy strumień powietrza wentylacyjnego:** Określono, że ważniejszym parametrem projektowym jest strumień jednostkowy przeliczony na jedno dziecko, niż krotność wymian powietrza. Projektując wentylację należy brać pod uwagę właśnie ten strumień oraz częstotliwość przebywania w pomieszczeniu. Zwrócono na to uwagę w wielu badaniach w czasie pandemii COVID-19 – publikacja I.6.

## **2) Ocena zastosowania ściennego, fasadowego urządzenia wentylacyjnego o małej wydajności w ścianach zewnętrznych istniejącego budynku żłobkowego do poprawy jakości powietrza wewnętrznego pod kątem parametrów fizycznych i mikrobiologicznych – badania w obiekcie istniejącym**

Wprowadzenie wymuszonego przepływu powietrza pozwoliło na znaczące obniżenie stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniu sypialnianym, a jakość powietrza pod względem mikrobiologicznym nie uległa ani poprawie, ani pogorszeniu. Po wprowadzeniu wymuszonego przepływu powietrza nawiewanego i wywiewanego jakość powietrza poprawiła się, pomimo ograniczonego przepływu powietrza (3,7 m<sup>3</sup>/h.os.) Zamiana wentylacji naturalnej na nawiewno-wywiewną nie poprawiła natomiast jakości powietrza pod względem mikrobiologicznym – publikacja I.1.

W budynkach istniejących, gdzie modernizacja wentylacji grawitacyjnej na mechaniczną wymusza zajęcie dodatkowej przestrzeni, możliwe i zalecane jest stosowanie urządzeń dostarczających kontrolowaną ilość powietrza, nawet jeśli ta ilość jest znacznie mniejsza niż wymagana przez przepisy w różnych krajach – publikacja I.1.

Ścienne jednostki wentylacyjne wyposażone są w filtry, dzięki którym powietrze doprowadzane do pomieszczeń może być oczyszczone. Wprowadzanie powietrza zewnętrznego do pomieszczeń poprzez urządzenia z filtrami, jest jedynym sposobem na zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza, szczególnie zimą – publikacje I.1, I.6.

## **3) Ocena bezpieczeństwa higienicznego zastosowania wentylacji opartej o wentylatory reweryjne o małej wydajności w zakresie mieszania się strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego – badania doświadczalne**

W badaniach laboratoryjnych stwierdzono, że stosując wentylatory reweryjne w ściennych jednostkach wyposażonych w ceramiczne wymienniki ciepła, mieszanie się strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego nie występowało. Potwierdzono to badaniami z wykorzystaniem gazu znacznikowego – ditlenku węgla oraz poprzez wizualizację dymem znacznikowym. Badania przeprowadzono dla jednostek o małej wydajności: 8 – 50m<sup>3</sup>/h. Do oceny wykorzystano współautorską komorę badawczą, w której zrealizowano serie pomiarowe uwzględniające pomiar stężenia CO<sub>2</sub> wewnątrz komory. Wyniki porównywano z teoretycznym spadkiem stężenia CO<sub>2</sub> przy wymuszonym przepływie powietrza wg modelu pełnego mieszania. Oceniono, że ścienne jednostki wentylacyjne wykorzystujące wentylatory reweryjne są bezpieczne z punktu widzenia higienicznego, gdyż nie występuje mieszanie się strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego w zintegrowanej czerpniowyrzutni. Jednostki takie mogą być zatem wykorzystywane do modernizacji systemu wentylacyjnego w budynkach istniejących, jeżeli nie ma w nich możliwości zastosowania centralnego układu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej – publikacja I.2.

#### **4) Ocena bezpieczeństwa higienicznego zastosowania wentylacji wykorzystującej jednostki wentylacyjne o większej wydajności – badania doświadczalne**

Badania dotyczące bezpieczeństwa higienicznego stosowania urządzeń wentylacji zdecentralizowanej wykorzystującej wentylatory rewersyjne, w których zastosowano kratki czerpni i wyrzutni zmieniające swoją funkcję zgodnie ze sposobem pracy tych jednostek, przeprowadzono także dla jednostek o wydajnościach większych, które mogą być zastosowane w budynkach edukacyjnych, do których ze względu na sposób użytkowania, można zaliczyć żłobki. W tych urządzeniach również nie występowało mieszanie się strumieni, zatem potwierdzono bezpieczeństwo higieniczne podczas ich zastosowania w budynkach edukacyjnych, do których można zaliczyć żłobki – publikacja I.3.

#### **5) Ocena kosztów zastosowania wentylacji zdecentralizowanej w obiekcie żłobkowym – analiza symulacyjna doboru jednostek wentylacyjnych w oparciu o model jakości powietrza oraz ocena kosztów i czasu zwrotu inwestycji**

Zastosowanie wentylacji zdecentralizowanej realizowanej przez wentylatory rewersyjne z ceramicznymi wymiennikami ciepła, dobranymi w liczbie zapewniającej utrzymanie jakości powietrza wewnętrznego w maksymalnym stężeniu wynoszącym 1500 ppm (stężenie CO<sub>2</sub>), powodowałoby podniesienie kosztów czesnego o 3%, gdyby właściciel żłobka chciał przenieść koszty inwestycyjne i eksploatacyjne na rodziców dzieci i otrzymać zwrot inwestycji w ciągu 4 lat. Czynniki kosztowy nie powinien być czynnikiem blokującym decyzję o montażu wentylacji mechanicznej w budynku żłobka. Nie ma jednej konkretnej wartości poniesionych kosztów dla wszystkich placówek żłobkowych. Stosując jednak opisane w publikacji I.4 zasady doboru jednostek wentylacyjnych dla żłobków, uwzględniając liczbę dzieci zapisanych do grupy, można przeanalizować koszty inwestycji i eksploatacji oraz przeprowadzić analizę ekonomiczną ponoszonych kosztów, czasu zwrotu inwestycji oraz koszty wzrostu wysokości czesnego do poziomu, w którym inwestycja w wentylację będzie dla właściciela opłacalna. Należy jednak podkreślić, że zapewnianie odpowiedniego środowiska wewnętrznego dla małych dzieci, nie powinno podlegać analizom kosztowym, ponieważ zapewnienie dzieciom dobrego środowiska wewnętrznego dla rozwoju i wzrostu powinno być priorytetem wszystkich, a szczególnie właściciela żłobka.

#### **6) Ocena wpływu parametrów klimatu zewnętrznego na jakość powietrza wewnętrznego w celu zaproponowania sposobu użytkowania pomieszczeń – badania w obiektach istniejących, znajdujących się w różnych lokalizacjach**

Analizy wyników pomiarów prowadzonych w żłobkach w różnych porach roku wykazały korelację między stężeniem pyłów zawieszonych w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym. Uzyskano stosunek wartości stężenia w powietrzu wewnętrznym do stężenia w powietrzu zewnętrznym na poziomie 0,15–0,2. W okresie zimowym w żłobkach, w których stężenie CO<sub>2</sub> było najwyższe mierzono najniższe stężenie pyłów zawieszonych, podczas gdy w żłobkach o najniższym średnim stężeniu CO<sub>2</sub>, stężenie pyłów zawieszonych było najwyższe. Wpływ na to miał sposób wietrzenia pomieszczeń poprzez otwieranie okien publikacja I.5.

#### **7) Analiza wpływu wietrzenia pomieszczeń na jakość powietrza wewnętrznego w różnych porach roku – badania w obiektach istniejących**

Nie jest możliwe obniżanie stężenia CO<sub>2</sub> w powietrzu wewnętrznym bez wprowadzania do pomieszczenia powietrza zewnętrznego, które charakteryzuje się niższym stężeniem CO<sub>2</sub>. Wietrzenie pomieszczeń, w przypadku, gdy powietrze zewnętrzne jest zanieczyszczone pyłami zawieszonymi, będzie prowadziło do poprawy stanu powietrza w zakresie stężenia CO<sub>2</sub>, ale jednocześnie będzie pogarszało stan powietrza pod względem stężenia pyłów zawieszonych. Wietrzenie jest dobrym sposobem na zapewnianie odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego, ale tylko w przypadku, gdy powietrze zewnętrzne nie jest zanieczyszczone. Niestety w Polsce,

w okresie zimowym, jakość powietrza zewnętrznego bywa bardzo zła, należy zatem poszukiwać innych rozwiązań wymiany powietrza niż otwieranie okien. Czynność ta w przypadku analizowanych budynków obniżała stężenie CO<sub>2</sub>, ale jednocześnie powodowała wzrost stężenia pyłów zawieszonych powyżej wartości zalecanych przez WHO – publikacja I.5.

Wietrzenie może być jednak efektywnym sposobem wentylowania pomieszczeń. Możliwe jest utrzymanie stężenia CO<sub>2</sub> na zadowalającym poziomie – poniżej 1500 ppm, a nawet poniżej 1000 ppm, wyłącznie dzięki wietrzeniu pomieszczenia, w którym przebywa dużo osób na raz. Wiąże się to jednak z wprowadzaniem znacznych ilości powietrza zewnętrznego do pomieszczeń. Gdy powietrze zewnętrzne jest zanieczyszczone pyłami zawieszonymi albo ma niską temperaturę, wprowadzenie jego dużych ilości powoduje obniżenie temperatury powietrza wewnętrznego oraz jego zanieczyszczenie. Są to zjawiska niekorzystne, które oprócz dyskomfortu mogą pogorszyć zdrowie małych dzieci. Obniżenie temperatury powietrza wewnętrznego spowodowane wietrzeniem przyczynia się również do konieczności jego podgrzania systemem grzewczym, powoduje więc podniesienie kosztów eksploatacyjnych, które nie są związane z wietrzeniem – publikacje I.5, I.6.

#### **8) Analiza sposobu użytkowania pomieszczeń w żłobkach i wykorzystywanych przez nie sal dla dzieci – zdefiniowanie standardowego użytkowania obiektów wykorzystywanych jako żłobki**

Analizując sposób użytkowania pomieszczeń w żłobkach zauważono, że najczęściej dla jednej grupy dzieci przeznaczone są dwie sale. Jedna, z reguły większa, przeznaczona jest do zabaw oraz spożywania posiłków. Druga, z reguły mniejsza, przeznaczona jest do spania. Dzieci w żłobku spędzają około 8 do 10 godzin dziennie. W środku dnia przewidziany jest czas na sen, który trwa około 3 godziny. Wykorzystywanie dwóch sal w ciągu dnia może być bardzo korzystne. W czasie, gdy dzieci przebywają w innej sali można odpowiednio przygotować drugą salę pod względem jakości powietrza. Jak wykazały przeprowadzone badania wietrzenie może być efektywnym sposobem zapewniania odpowiedniej jakości powietrza, ale może powodować dyskomfort spowodowany przeciągami oraz wprowadzaniem dużej ilości powietrza o niskiej temperaturze. Wietrzenie pomieszczeń może odbywać się w czasie, gdy dzieci nie ma w danej sali. Sala zabaw może być przewietrzona, gdy dzieci udają się na drzemkę. Dzięki temu, że do dyspozycji grupy są dwie sale, można również wykorzystać większą kubaturę dwóch połączonych sal, w celu rozcieńczenia emitowanego ditlenku węgla. Łącząc sale, nawet gdy dzieci przebywają tylko w jednej, dostępna jest dużo większa kubatura, w której ditlenek węgla jest rozcieńczany, a dzięki temu dzieci przebywają w pomieszczeniach o niższym stężeniu CO<sub>2</sub>. Zmieniając sale w ciągu dnia, dzieci przechodzą do pomieszczenia o niskim stężeniu CO<sub>2</sub> na czas drzemki, a następnie wracają do sali zabaw, w której po czasie nieobecności i przewietrzeniu, stężenie CO<sub>2</sub> też jest niskie. Dzięki temu średnie stężenie CO<sub>2</sub> w całym dniu jest dużo niższe niż w przypadku, spędzania przez dzieci całego dnia w jednej sali. Projektując system wentylacyjny dla żłobków należy wykorzystać sposób ich funkcjonowania – wykorzystywanie dwóch sal w ciągu dnia – publikacja I.5.

#### **9) Ocena kosztów podgrzewania powietrza dostarczanego do pomieszczeń w celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego przez różne systemy wentylacyjne – analiza symulacyjna**

Zasymulowano działanie wentylacji wymuszonej, zdecentralizowanej oraz wietrzenie pomieszczeń. Wietrzenie pomieszczeń, przy założeniu utrzymania średniego stężenia ditlenku węgla poniżej 1000 ppm w ciągu dnia, jest droższe niż wentylowanie pomieszczeń w sposób wymuszony. Wietrzenie może być wykorzystywane w przypadku, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest zbliżona do temperatury wewnętrznej. Tylko w takim przypadku wietrzenie będzie tańsze, ponieważ nie będzie konieczności wykorzystywania urządzeń zasilanych energią elektryczną do podgrzania powietrza. Taki sposób wentylowania pomieszczeń może być jednak wykorzystywany tylko przy dobrej jakości powietrza zewnętrznego (o niskim stężeniu pyłów zawieszonych) – publikacja I.6.

**10) Zdefiniowanie strategii wentylacji, która uwzględni wnioski ze wszystkich badań zrealizowanych w całym cyklu badań. Strategia powinna uwzględniać sposób funkcjonowania i przyzwyczajenia ludzi oraz warunki klimatyczne, w tym źródła zanieczyszczeń powietrza zewnętrznego w Polsce.**

W przypadku żłobków, w których dzieci w ciągu dnia spędzają około 3 godziny na drzemce, ważne jest, żeby zapewnić do tego celu osobne pomieszczenie. Pozwala to na skrócenie czasu przebywania dzieci w każdym z pomieszczeń, dzięki czemu wielkość strumienia powietrza wentylacyjnego może być odpowiednio zredukowana, ponieważ całkowity czas spędzany w pomieszczeniu jest krótszy. Przez to średnie stężenie CO<sub>2</sub> podczas przebywania dziecka w żłobku może być niższe.

Projektowany strumień powietrza wentylacyjnego powinien wynosić 15 m<sup>3</sup>/h na osobę w przypadku brania pod uwagę frekwencji dzieci. Gdy wentylacja projektowana jest na liczbę dzieci zapisanych do grupy, strumień projektowany może być mniejszy i wynosić 12 m<sup>3</sup>/h na dziecko. Projektując strumień powietrza wentylacyjnego dla żłobków nie trzeba rozdzielać dorosłych i dzieci – można przyjąć jedną wartość. Frekwencja dzieci w żłobkach wynosi około 70%. Stosowanie zbyt dużych projektowych strumieni powietrza wentylacyjnego dla budynków istniejących może powodować trudności w doborze odpowiedniej liczby jednostek wentylacyjnych. Może to prowadzić do technicznych trudności w montażu wentylacji, a w efekcie doprowadzić do rezygnacji z wyposażenia budynku w system wentylacji mechanicznej. Jak wykazano w badaniu, powoduje to złą jakość powietrza wewnętrznego. Kierując się zasadami zrównoważonego rozwoju, szczególnie celem dotyczącym konieczności zapewniania zdrowych warunków do życia, istotne jest, żeby decydenci mieli jak najmniej czynników blokujących ich decyzje. Dobór nieco mniejszego strumienia powietrza, co wykazały przeprowadzone symulacje dla kilku różnych pomieszczeń, jest w stanie zapewnić odpowiednie stężenia CO<sub>2</sub>, szczególnie gdy wykorzystywane będą dwie sale w ciągu dnia.

Założono, że średnie stężenie CO<sub>2</sub> w czasie dnia powinno być niższe niż 1000 ppm. Dopuszczalne jest jednak okresowe zwiększenie tego stężenia do 1200 ppm, szczególnie jeżeli wszystkie dzieci będą obecne danego dnia. Biorąc pod uwagę, że stężenie CO<sub>2</sub> wynoszące do 1500 ppm jest traktowane jako dopuszczalne, krótkotrwałe podwyższenie stężenia powyżej 1000 ppm nie będzie groźne. Takie założenie ma na celu obniżenie projektowanego strumienia powietrza, w celu jego dopasowania do jednostki wentylacyjnej.

Strategia zakłada, że w przypadku wzrostu stężenia CO<sub>2</sub> powyżej 1200 ppm należy otworzyć drzwi w sąsiedniej sali, by zwiększyć kubaturę i rozcieńczyć ditlenek węgla. Kolejnym działaniem w sytuacji wystąpienia wzrostu stężenia CO<sub>2</sub> powinno być otwarcie okna, w celu szybkiego obniżenia stężenia CO<sub>2</sub>, nawet w przypadku, gdy powietrze zewnętrzne ma niską temperaturę lub jest zanieczyszczone. Chwilowe otwarcie okna w takich warunkach pozwoli na obniżenie stężenia CO<sub>2</sub> do poziomu założonego (poniżej 1000 ppm). Działający system wentylacji z filtracją oczyści powietrze wewnętrzne z wprowadzonych pyłów, a obniżenie temperatury powietrza wewnętrznego przy krótkim wietrzeniu nie powinno spowodować dyskomfortu. Dzięki dwóm salom przeznaczonym dla każdej grupy dzieci, w sytuacji awaryjnej, na czas wietrzenia, dzieci mogą zmienić na chwilę salę w której przebywają.

Żeby możliwe było działanie w sytuacji wzrostu stężenia CO<sub>2</sub> każde pomieszczenie powinno być wyposażone w czujniki i wyświetlacze, które pozwoliły by na reakcję personelu. Czujniki powinny być zlokalizowane w strefie przebywania dzieci, a wyświetlacze powinny być przeznaczone dla opiekunów. Personel powinien być przeszkolony w zakresie reagowania na informacje podawane

przez czujniki. Najlepiej, gdyby czujniki podawały odpowiednie komunikaty: otwórz okno, wywietrz salę, zmień pomieszczenie.

Zaproponowana strategia określa, że w okresie późno wiosennym i letnim, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest zbliżona lub wyższa niż temperatura powietrza w pomieszczeniach, warto jest często wietrzyć pomieszczenia, gdyż w tym okresie nie generuje to dodatkowych kosztów, w przeciwieństwie do wentylacji mechanicznej. Warto też wtedy korzystać z czujników CO<sub>2</sub> i kontrolować stężenie ditlenku węgla w pomieszczeniu, żeby reagować na wzrost jego stężenia po otwarciu okna lub w przypadku złych warunków panujących na zewnątrz, włączyć wentylację mechaniczną. Takie działanie ma na celu oszczędność kosztów podgrzewania i przetłaczania powietrza wentylacyjnego.

**Zaproponowana strategia wentylacji opiera się o dobór jednostek wentylacji zdecentralizowanej, której montaż nie wymaga dużej ilości miejsca, a które są bezpieczne pod względem higienicznym, co udowodniono w badaniach laboratoryjnych. Chociaż istnieją systemy centralne, dzięki którym rozdział powietrza wentylacyjnego będzie zapewniał lepszą jego wymianę, to wykazano, że nawet jedna jednostka wentylacyjna o małej wydajności jest w stanie zapewnić dobrą jakość powietrza (I.1). Zaproponowane warianty wentylacji wymagają wykonania dwóch otworów o średnicy 200 mm w ścianie zewnętrznej, w przypadku pomieszczeń o małej kubaturze (< 100 m<sup>3</sup>) lub cztery w przypadku większych pomieszczeń. Istnieje zatem techniczna możliwość montażu takiego systemu w większości pomieszczeń. Obecnie istnieją również możliwości montażu jednostek wentylacyjnych lub ich czerpni i wyrzutni w otworze okiennym, lub nawet bezpośrednio w szybie, co dyskwalifikuje kolejny czynnik blokujący decydentów (techniczna możliwość zastosowania wentylacji).**

Rekomendacje dotyczące projektowania wentylacji dla budynków istniejących, wykorzystywanych do opieki nad dziećmi do lat 3 uwzględniają wyniki przeprowadzonych badań własnych (I.1–I.5), jak również rekomendacje innych autorów prowadzących badania dotyczące wentylacji w czasie pandemii COVID-19. Z przeprowadzonego w publikacji I.6 przeglądu literatury, dotyczącego wyników badań nad wentylacją prowadzonych w 2020 i 2021 r., wybrano rekomendacje, dzięki którym można ograniczyć ryzyko przenoszenia się chorób. Nie brano pod uwagę wszystkich wytycznych (np. bardzo dużego strumienia powietrza nawiewanego), ponieważ celem głównym było zaproponowanie strategii wentylowania na co dzień, a nie w czasie pandemii. Wybrano jednak wytyczne, których stosowanie może ograniczyć przenoszenie się powszechnych chorób wirusowych i bakteryjnych, które często powodują absencję małych dzieci w żłobkach. Takimi wytycznymi jest ograniczenie czasu przebywania w pomieszczeniach, zwiększanie kubatury, w której przebywają dzieci oraz stosowanie wymuszonego przepływu powietrza. Stosując się do zasad opisanych w artykule można zaprojektować prosty system wentylacyjny, który będzie technicznie możliwy do montażu oraz łatwy w eksploatacji, a także nie będzie generował znaczących kosztów eksploatacyjnych. Gdyby zapewniać taki sam strumień powietrza nawiewanego, który zaproponowano, ale poprzez wentylację naturalną, koszty podgrzewania powietrza byłyby znacząco wyższe. Stosowanie wentylacji naturalnej jest tylko pozornie tańsze, gdyż nie uwzględnia faktu, że wentylacją naturalną nie doprowadza się właściwej ilości powietrza wentylacyjnego zapewniającego zdrowe warunki środowiska wewnętrznego.

## 4.7. Podsumowanie

Realizacji badań dotyczących znaczenia wentylacji dla kształtowania środowiska wewnętrznego w rewitalizowanych budynkach użytkowanych jako żłobki, dokonano w latach 2017–2022, a wyniki opublikowano w artykułach naukowych w formie cyklu 6 publikacji powiązanych tematycznie. Dzięki przeprowadzonym badaniom uzupełniono stan wiedzy ogólnej o wyniki pomiarów parametrów powietrza w pomieszczeniach użytkowanych przez żłobki (I.1, I.4, I.5) oraz sposób funkcjonowania żłobków (I.1, I.4, I.5). Wykazano, że możliwe jest poprawienie stanu środowiska wewnętrznego w pomieszczeniach użytkowanych do opieki nad dziećmi do lat 3 poprzez zastosowanie wentylacji zdecentralizowanej (I.1, I.4, I.5, I.6). Wykazano również, że urządzenia wentylacji zdecentralizowanej są bezpieczne pod względem higienicznym (mieszania się strumieni powietrza wentylacyjnego nawiewanego i wywiewanego w zintegrowanej czerpni-wyrzutni), więc mogą być wykorzystywane do poprawy środowiska wewnętrznego w żłobkach i innych budynkach rewitalizowanych (I.2, I.3). Zaproponowano strategię wentylowania pomieszczeń, która zapewni właściwe warunki środowiska wewnętrznego dla wzrostu i rozwoju malutkich dzieci w budynkach istniejących (I.6). Oparcie analiz na powszechnie stosowanych wskaźnikach (stężeniu ditlenku węgla i stężeniu pyłów zawieszonych) było celowe. Dzięki ocenie środowiska wewnętrznego parametrami łatwymi do zmierzenia, możliwe jest zastosowanie ich w praktyce wraz z wizualizacją wyników, do których wgląd będą mieli pracownicy żłobków i dzięki temu będą mogli reagować na przekroczenia wartości dopuszczalnych. W publikacjach przedstawiono analizy kosztowe wykazujące, że stosowanie wentylacji mechanicznej nie musi być drogie. Wskazano również rozwiązania, które powinny zachęcić właścicieli żłobków do inwestowania w systemy wentylacyjne, zaproponowano przeniesienie kosztów zakupu, montażu i działania wentylacji na rodziców małych dzieci (I.4). W publikacjach zwrócono uwagę na duże znaczenie placówek opiekujących się małymi dziećmi w społeczeństwie (I.6). Wykazano, że w wielu krajach Europy zapotrzebowanie na taką opiekę jest duże i należy uświadamić społeczeństwo o konieczności wyposażania takich placówek w systemy wentylacyjne. W publikacjach odniesiono się również do konieczności zabezpieczania wszystkich obiektów użyteczności publicznej przed rozprzestrzenianiem się wirusów. Dokonano przeglądu badań nad wentylacją opublikowanych w latach 2020–2021, w celu zastosowania w proponowanej strategii rozwiązań, które pozwalają ograniczyć zarażanie się patogenami chorobotwórczymi, co jest niezwykle istotne w placówkach żłobkowych (I.6). Chociaż badania dotyczące wirusa SARS-CoV-2 zalecały stosowanie dużych krotności wymian powietrza, co miało zabezpieczyć przed zachorowaniem na COVID-19, nie wprowadzono takiego zalecenia do proponowanej strategii. Z założenia strategia przeznaczona była dla budynków już istniejących, w których czynnikiem blokującym inwestycję jest konieczność wprowadzenia systemów zajmujących dużo miejsca. Działania zabezpieczające przed zachorowaniem na COVID-19 mogłyby być wprowadzone w budynkach nowych. W budynkach istniejących wprowadzono ograniczenie stężenia ditlenku węgla poniżej 1000 ppm, co również było sugerowane w publikacjach naukowych jako wystarczające zapewnienie wymiany powietrza.

Znaczenie wentylacji w kształtowaniu środowiska wewnętrznego jest niepodważalne i analizowane od lat. Naukowcy prowadzą badania nad konkretnymi wskaźnikami jakości powietrza, równaniami opisującymi stan powietrza czy urządzeniami, które można zastosować w celu uzyskania odpowiedniego środowiska wewnętrznego. Niniejsze badania i ich wyniki, opierając się na aktualnym stanie wiedzy, uzupełniły go o zagadnienia związane z placówkami do opieki nad małymi dziećmi. Zaproponowano prostą strategię wentylacji opartą o wyniki długoletnich badań i analiz, która jest prosta, łatwa do wykonania, technicznie możliwa do wprowadzenia właściwie w każdym budynku poddawanym rewitalizacji, a jednocześnie, jak wykazano symulacjami, będzie efektywna w zapewnianiu środowiska wewnętrznego, charakteryzującego się niskim stężeniem pyłów zawieszonych i ditlenku węgla. W strategii uwzględniono również przyzwyczajenia ludzi dotyczące



wietrzenia pomieszczeń. Realizując strategię ograniczania kosztów eksploatacyjnych zalecono wykorzystywanie wietrzenia pomieszczeń w okresach o wyższej temperaturze powietrza zewnętrznego, gdy jednocześnie jakość powietrza zewnętrznego pod względem pyłów zawieszonych jest dobra.

Badania wywarły już wpływ na społeczeństwo – spowodowały zainteresowanie decydentów działaniami modernizacyjnymi uwzględniającymi system wentylacyjny – jedna z placówek publicznych w Poznaniu wyposażona zostanie w wentylację mechaniczną.

## **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

### **5.1. Aktywność naukowa realizowana na Politechnice Poznańskiej, nie związana z działalnością opisaną w punkcie 4**

Aktywność naukowa realizowana na Politechnice Poznańskiej obejmuje zagadnienia: jakości powietrza wewnętrznego (opisane w pkt. I), badania dotyczące energooszczędnych systemów wentylacyjnych w krytych basenach pływackich oraz dotyczące oceny energetycznej budynków i systemów instalacyjnych. Wszystkie badania, których wyniki zostały opublikowane lub wygłoszone na konferencjach oznaczone będą zgodnie z numeracją przyjętą w wykazie dorobku naukowego.

#### **a) Badania dotyczące energooszczędnych systemów wentylacyjnych w krytych basenach pływackich**

Zakres pierwszy obejmuje badania dotyczące systemów wentylacyjnych dla krytych basenów pływackich i jest kontynuacją badań prowadzonych podczas realizowania pracy doktorskiej pt. „Badanie struktury układu wentylacyjnego dla krytych basenów kąpielowych w aspekcie energooszczędności”. W ramach publikacji związanych bezpośrednio z rozprawą doktorską wydano monografię naukową (II.1.1). Opublikowano również artykuł w czasopiśmie *Energy and Buildings* (II.4.6). Analizy dotyczące parametrów powietrza w hali basenowej i ich wpływu na ilość ciepła potrzebnej do podgrzania powietrza wentylacyjnego opublikowano już po obronie doktoratu (II.4.22). Badania kontynuowano rozszerzając analizy omówione w rozprawie doktorskiej o wyznaczenie wskaźników ekologicznych (wskaźnik energii pierwotnej) oraz ekonomicznych (koszty globalne) dla różnych źródeł ciepła do podgrzewania powietrza wentylacyjnego (II.4.9 i II.4.25). Wyniki analiz dotyczących wykraplania wilgoci na przeszklonych elementach przegród zewnętrznych opisano w publikacji (II.4.26). Do prac nad tematem parowania zaangażowano studentów, a wyniki opublikowano w czasopismach z listy B (II.4.24) oraz z listy z 2019 r. (II.4.2).

Wyniki badań dotyczące środowiska wewnętrznego basenów krytych, systemów wentylacyjnych i rozwiązań energooszczędnych były prezentowane na polskich konferencjach przed uzyskaniem stopnia doktora (II.7.3) i po uzyskaniu stopnia doktora (II.7.7) oraz na konferencjach międzynarodowych (II.7.1, II.7.5 i II.7.6), w tym na jednej z większych konferencji dotyczącej basenów pływackich *World Aquatic Health Conference* w USA (II.7.2, II.7.4 i II.7.11). Badania opisane w publikacji (II.4.24) zostały również zaprezentowane na II Ogólnopolskiej Studenckiej Konferencji Budowlanej Budmika 2015.

Doświadczenie w badaniach prowadzonych w obiektach basenowych przyczyniło się również do wykonania ekspertyzy dotyczącej wykraplania wilgoci w obiekcie Termy Maltańskie w Poznaniu (III.5.4) oraz podjęciem współpracy z firmą Strabag Sp. z o.o. w zakresie analizy dokumentacji przetargowej obiektu uzdrowiskowo-hotelowego (III.5.5) i współpracy przy propozycjach projektów

alternatywnych stanowiących pozycję zamienną w postępowaniu przetargowym. Dzięki tej współpracy firma Strabag uzyskała kontrakt na realizację przedsięwzięcia (III.2.3).

Badania prowadzone podczas realizacji rozprawy doktorskiej zostały wyróżniane w konkursach. Otrzymano stypendium: „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”, Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w 2014 r. Rozprawa doktorska została wyróżniona w XII Konkursie Miasta Poznania na prace doktorskie realizowane na poznańskich uczelniach w 2016 r.

#### **b) Badania dotyczące oceny energetycznej budynków oraz badania systemów instalacyjnych**

Badania dotyczące oceny energetycznej budynków i systemów instalacyjnych dotyczą szeregu czynników, które wpływają na uzyskiwane sprawności systemów oraz standard energetyczny budynków. Badania prowadzone są dzięki doświadczeniu zdobytemu przy realizacji projektu badawczego pt. „Zintegrowany system zmniejszania eksploatacyjnej energochłonności budynków”, realizowanego w okresie trzech lat (2010–2013), na zlecenie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pod kierunkiem prof. Edwarda Szczechowiaka (II.9.1). Z uwagi na doświadczenie naukowe w tematyce oceny energetycznej budynku przeprowadziłam cykl szkoleń dla członków Wielkopolskiej Izby Inżynierów Budownictwa „Audyty energetyczne i wykonawstwo budowlane”. Szkolenie zrealizowano na zlecenie Centrum usług techniczno-organizacyjnych budownictwa Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa w Poznaniu (III.2.2).

Wśród badań dotyczących oceny energetycznej budynków opublikowane zostały prace analizujące wpływ danych wejściowych na zużycie energii w budynku (II.4.20) oraz porównanie charakterystyki energetycznej teoretycznej i na podstawie pomiarów prowadzonych w budynku (II.4.21, II.4.17). Wyniki przedstawiono na konferencjach międzynarodowych (II.7.9–10). Analizowano również problem przyjmowania zbyt dużego wskaźnika zużycia ciepłej wody użytkowej przy ocenie energetycznej budynków. Do tych badań zaangażowano studentów, a w wyniku współpracy powstała publikacja (II.4.8).

Tematykę dotyczącą wpływu różnych parametrów budynku i jego technicznego wyposażenia, w tym sprawności odzysku ciepła, sprawności instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz zasadności stosowania obowiązującej metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku, podjęto w publikacjach oznaczonych jako II.4.12–16 oraz II.4.5. W tym zestawieniu przywołano również artykuły omawiające specyfikę instalacji HVAC w laboratoriach chemicznych oraz sposób prowadzenia badań odbiorowych (II.4.23, II.4.27–28). Najnowsza publikacja dotycząca analizy wpływu konfiguracji instalacji HVAC na zapewnienie komfortu cieplnego i optymalizację zużycia energii została opublikowana w 2022 r. i dotyczyła integracji atrium jako elementu instalacji HVAC wykorzystywanego do wstępnego podgrzewania powietrza. Publikacja została przygotowana we współpracy z firmą SWECO (II.4.18).

W temacie dotyczącym perspektywy wykorzystania gazu ziemnego w budynkach mieszkalnych w aspekcie nowych przepisów prawa, przeprowadzono analizy dotyczące możliwości zastosowania innego rodzaju nośnika energii w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych. Badania prowadzone były na zlecenie Polskiej Spółki Gazownictwa (III.5.1), a wyniki opisane zostały w publikacji (II.4.11).

## **5.2. Aktywność naukowa realizowana z innymi instytucjami naukowymi**

Poza badaniami naukowymi, które skupiały się na problemie jakości powietrza wewnętrznego w placówkach przeznaczonych na żłobki (pkt 4) oraz innymi badaniami prowadzonymi na Politechnice Poznańskiej (pkt 5.1), kolejnym obszarem zainteresowań badawczych są parametry środowiska wewnętrznego w krytych basenach pływackich.

Podczas realizacji badań w ramach pracy doktorskiej zauważono problem z jakością powietrza w halach basenów krytych, związany z emitowaniem z wody do powietrza ubocznych produktów

dezynfekcji wody basenowej. Jest to temat, który jest bardzo interdyscyplinarny i związany z koniecznością zastosowania odpowiedniej technologii uzdatniania i dezynfekcji wody basenowej, odpowiedniego systemu wentylacyjnego oraz wzajemnym powiązaniem tych dwóch systemów, dla osiągnięcia właściwej jakości wody i powietrza przy jednoczesnym niskim zużyciu energii.

Z uwagi na interdyscyplinarność tematu w ramach prowadzonych badań nawiązano współpracę zagraniczną i wspólnie realizowano badania naukowe i technologiczne.

W ramach badań nad powiązaniem jakości wody i powietrza w krytych basenach, podjęto współpracę z działem badawczo-wdrożeniowym firmy Instal Warszawa S.A. Dział ten zajmuje się prowadzeniem badań nad innowacyjnymi technologiami w zakresie m.in. inżynierii środowiska. Wspólne badania polegały na próbie oceny czynników, dzięki którym można ograniczać występowanie ubocznych produktów dezynfekcji wody basenowej w wodzie i w powietrzu. Współpraca z dr inż. Alicją Piotrowską, która była kierownikiem działu badawczo-wdrożeniowego zakończyła się wygłoszeniem referatu na konferencji: „Dezynfekcja wody – zagrożenia, wyzwania, nowe technologie”, która odbyła się w dniach 21-22 września 2017 r. w Krakowie (II.2.7), a następnie opublikowaniem artykułu „Disinfection By-Products in Swimming Pool Water and Possibilities of Limiting Their Impact on Health of Swimmer” (II.4.1), który został wytypowany przez organizatorów do publikacji w czasopiśmie *Geomatics and Environmental Engineering* 2019, 12, 3 (indeksowana w Scopus). Współpraca przyczyniła się do rozszerzenia wiedzy własnej w zakresie procesów dezynfekcji wody basenowej i ich wpływowi na obecność w wodzie ubocznych produktów: chloraminy i trihalometany.

Z uwagi na tematykę doktoratu, którą było znalezienie struktury układu wentylacyjnego dla basenu krytego, która będzie energooszczędna oraz dzięki współpracy w ramach badań nad jakością wody i sposobami jej dezynfekcji, nawiązano współpracę przemysłową oraz naukową w ramach realizacji projektu „Inteligentny OPTYMALIZATOR HVAC w funkcji potencjału tworzenia THM na basenach krytych (OHT) – nowa metoda zarządzania energią elektryczną i ciepłem dopasowująca na bieżąco sterowanie wentylacją, ogrzewaniem, chłodzeniem (HVAC) do stężeń rakotwórczych chlorowcopochodnych metanu takich jak trihalometany (THM) oraz ich usuwania z basenów krytych” (II.9.2), realizowanego w ramach programu „Szybka Ścieżka” Narodowego Centrum Badań i Rozwoju przez 3 lata (2017–2020). Z uwagi na doświadczenie w tematyce systemów wentylacyjnych otrzymano zatrudnienie i zrealizowano staż przemysłowy w firmie Virtual Power Plant (VPP) (III.2.1), na stanowisku kierownika zespołu HVAC. Zadaniemi wykonywanymi w ramach tego stanowiska było zrealizowanie wszystkich zadań dotyczących 3 etapu projektu dotyczącego badania środowiska wewnętrznego basenów krytych, oceny zużycia energii i ciepła w systemie wentylacji i podgrzewania wody basenowej oraz osiągnięcie kamieni milowych dotyczących ograniczenia zużycia energii elektrycznej o 40%, a także ograniczenia stężenia THM w wodzie i stworzenia algorytmu pracy systemu wentylacyjnego i uzdatniania wody basenowej, w celu uzyskania oszczędności, dzięki zastosowaniu powstałego w ramach projektu nowatorskiego urządzenia pomiarowego. Zostano współautorem raportów ze wszystkich zadań 3 etapu projektu. Kierowano również pracami zespołu HVAC w ramach 4 (ostatniego) etapu, którego celem było wdrożenie wypracowanych wcześniej rozwiązań. Etap 1 i 2 projektu, w którym nie brano czynnego udziału, polegał na stworzeniu urządzenia pomiarowego, dzięki któremu możliwe będzie przewidywanie parametrów wody i bieżące reagowanie na zmiany, dzięki czemu ograniczone zostanie tworzenie związków THM, a przez to ich przedostawanie się do powietrza. Urządzenie powstało dzięki współpracy naukowców z Politechniki Warszawskiej (dr hab. inż. Aneta Pobudkowska, prof. PW – Wydział Chemii, kierownik naukowy projektu), naukowców z Wojskowej Akademii Technicznej z Warszawy (dr inż. Wojciech Kaczmarek i mgr inż. Szymon Borys) oraz działu badawczego i informatycznego firmy VPP.

W 3 etapie bezpośrednio współpracowano z działem badawczym i informatycznym firmy VPP oraz naukowo z prof. Anetą Pobudkowską. Oprócz badań prowadzonych w ramach projektu, wspólnie prowadzono dodatkowe pomiary na poznańskim basenie, w których wykazano, że zachowanie użytkowników basenów wpływa na jakość wody i powietrza w krytych basenach. Efektem tych badań była publikacja (II.4.7). Bezpośrednia współpraca z WAT polegała na zastosowaniu zbudowanego

przez nich urządzenia pomiarowego w algorytmie sterowania. Współpraca ta odbywała się w ramach 4 etapu projektu (07 listopada 2018).

Dzięki współpracy naukowej trzech jednostek: Politechniki Poznańskiej, Politechniki Warszawskiej oraz Wojskowej Akademii Technicznej z Warszawy udało się zrealizować wszystkie kamienie milowe w projekcie i wdrożyć wypracowane rozwiązanie.

Z uwagi na możliwości kontynuowania badań, w ramach dalszej współpracy zrealizowano również trzymiesięczne wspólne badania wynikające z umowy między Politechniką Poznańską, a Politechniką Warszawską (II.11.2). Ze strony Politechniki Warszawskiej do współpracy zaangażowana była dr hab. inż. Aneta Pubudkowska-Mirecka, prof. PW. Wyniki tej współpracy zaprezentowano na konferencji międzynarodowej „10th International Conference on Swimming Pool & Spa”, odbywającej się od 15 do 17 lutego 2013 r. w Bolonii, we Włoszech (II.7.15 i II.7.16). Przygotowano także publikację, która aktualnie jest w trakcie recenzji. Z uwagi na duży potencjał badań w tym temacie podpisano umowę z Politechniką Łódzką (II.11.3), której efektem będzie prowadzenie wspólnych badań dotyczących środowiska wewnętrznego w krytych basenach pływackich i możliwość odbycia kolejnych staży naukowych.

Złożoność tematu dotyczącego jakości wody i powietrza w krytych basenach pływackich oraz to, że nie jest to temat powszechnie badany w Polsce spowodowały, że poszukiwano informacji i kontaktu z osobami zajmującymi się tymi tematami za granicą, poprzez uczestnictwo w konferencjach dotyczących funkcjonowania basenów w USA (*World Aquatic Health Conference*), na których przedstawiono prezentacje posterowe (II.7.2, II.7.4 i II.7.11). Badania, które prowadzono w ramach rozprawy doktorskiej, zostały docenione i dwukrotnie otrzymano *National Swimming Pool Foundation Fellowship* (2014 i 2015), które było fundowane przez *National Swimming Pool Foundation* z siedzibą w Colorado Springs, USA – organizację zajmującą się szeroko pojętą tematyką basenów pływackich, w tym bezpieczeństwem w zakresie utonięć, zapewnianiem odpowiednich parametrów środowiska wewnętrznego i szkoleniami kadry zarządzającej. Problem ubocznych produktów dezynfekcji wody basenowej jest powszechny w Stanach Zjednoczonych, a związany jest głównie z procesami dezynfekcji wody, utrzymywaniem wysokiego stężenia wolnego chloru i różnymi zachowaniami społecznymi. Badania nad jakością wody prowadzone są w wielu miejscach na świecie, natomiast w Stanach Zjednoczonych rozszerza się je również na jakość powietrza wewnętrznego, ponieważ wiele ze szkodliwych związków chemicznych, znajdujących się w wodzie jest lotnych.

Podczas konferencji *World Aquatic Health Conference* w 2018 r. nawiązano kontakt z prof. Ernestem R. Blatchleyem III, którego zainteresowania badawcze dotyczą właśnie lotnych produktów ubocznych dezynfekcji wody basenowej. Profesor ze swoją grupą badawczą prowadził badania nad sposobem konfiguracji technologii dezynfekcji wody basenowej oraz badał stężenia trichloramin w powietrzu. Jego podstawową dziedziną zainteresowań naukowych jest chemia wody. Podobieństwo zainteresowań powyższym tematem oraz doświadczenie w zakresie wentylacji doprowadziły do rozmów z profesorem na temat stażu naukowego, który mógłby się odbyć w *Purdue University*, USA.

Ze względu na powiązania między tematem jakości wody i powietrza oraz wpływu pływaków na zjawiska zachodzące w krytych basenach, zorganizowano wykład otwarty dla społeczności akademickiej i mieszkańców miasta Poznania, w ramach programu współfinansowanego przez miasto „Akademicki i Naukowy Poznań”.

Wizyta profesora Blatchleya na Politechnice Poznańskiej odbyła się w dniach 11-16 maja 2018 r. Jej efektem było wygłoszenie przez profesora wykładu pt. „*Effects of Swimmers on Swimming Pool Chemistry... and Vice Versa*” (II.15.9). Dzięki nawiązaniu tej współpracy, realizowany jest obecnie wspólny projekt badawczy: „*A holistic examination of water and air chemistry in indoor swimming pools environment*” (II.11.1). Projekt obejmuje trzymiesięczną współpracę z prof. Blatchleyem nad wspólnymi badaniami związanymi z oceną jakości wody i powietrza w halach krytych pływackich, zlokalizowanych w dwóch różnych krajach. W ramach tego projektu uzyskano urlop naukowy, którego celem jest realizacja badań i odbycie stażu w *Purdue University* jako *Visiting Scholar*. W ramach odbywającej się współpracy 30.05.2023r. złożono wspólny wniosek o grant finansowany przez ASHRAE, którego realizacja (po otrzymaniu finansowania) rozpocznie się 1.09.2023r.

Kolejną współpracą międzynarodową jest współpraca z dr Maartenem Keutenem. W czerwcu 2022 r. w ramach programu *Staff training mobility (STT) ERASMUS+ KA 103 2020* odbyto wizytę w *Delft University of Technology, Sanitary Engineering* w Holandii (II.14.2). Wybrano ten właśnie ośrodek z uwagi na fakt, że dr Maarten Keuten prowadzi tam badania dotyczące wpływu higieny przed wejściem do basenu na jakość wody. Podczas wizyty zidentyfikowano wspólne zainteresowania badawcze, które w przyszłości mogą zaowocować wspólnymi badaniami. Dodatkowo, z uwagi na powyższe zainteresowania badawcze oraz na istotność tematu związanego z higieną przed wejściem do basenu, uzyskano kolejny finansowanie projektu w ramach programu „Akademicki i Naukowy Poznań” (II.15.10). Wizyta dr Keutena odbyła się w październiku 2022 r., a wykład pt. „*To shower or not to shower... that is the question*”, cieszył się dużym powodzeniem wśród społeczności akademickiej całej Politechniki Poznańskiej.

W 2022 r. odbyto również wizytę studyjną w ramach programu ERASMUS+ (II.14.1) do Duńskiego Uniwersytetu Technicznego w Lyngby, w Danii. Wizyta miała na celu ocenę możliwości współpracy między Instytutem Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Poznańskiej oraz prof. Pawłem Wargockim, pracownikiem DTU. Z uwagi na wspólne zainteresowania badawcze dotyczące jakości powietrza, a także oceną środowiska wewnętrznego, podjęte zostały wspólne badania, dotyczące wpływu parametrów jakości powietrza w sypialniach na jakość snu. Badania realizowane są w sposób zaproponowany przez prof. Wargockiego, a realizowane na Politechnice Poznańskiej w ramach realizacji pracy magisterskiej: „Wpływ parametrów powietrza wewnętrznego na jakość snu ludzi w różnych grupach wiekowych”. Badania będą trwały do lipca 2023 r., a ich efektem powinna być wspólna publikacja wyników. Efektem wizyty w DTU było również wprowadzenie przedmiotu Mikroklimat pomieszczeń i jakości powietrza do programu studiów II stopnia na kierunku Inżynieria Środowiska, realizowanego od marca 2023 r., w ramach którego wykonywane są ćwiczenia i laboratoria dotyczące oceny środowiska wewnętrznego. Miarą jakości środowiska wewnętrznego jest TAIL, który został sformułowany przez zespół badaczy, w skład którego wchodził prof. Wargocki. Prowadzone są również pomiary komfortu cieplnego oraz jakości snu.

We współpracy z Politechniką Wrocławską wykonano również przegląd najnowszych badań opublikowanych w ostatnich trzech latach dotyczących wentylacji, a wyniki opublikowano w II.4.19.

### 5.3. Nagrody i wyróżnienia

- *National Swimming Pool Foundation Fellowship*, 2014 oraz 2015;
- Stypendium „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”, Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, 2014;
- Wyróżnienie w XII Konkursie Miasta Poznania na prace doktorskie realizowane na poznańskich uczelniach w 2016 r.;
- Indywidualna nagroda Rektora Politechniki Poznańskiej za działalność naukową za rok 2016;
- Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Poznańskiej za działalność naukową za rok 2019, 2020, 2021.

## 6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

### 6.1. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych

Zajęcia dydaktyczne prowadzono od momentu zatrudnienia na Politechnice Poznańskiej, czyli od 1 października 2008 r. Osiągnięcia dydaktyczne obejmują:

- prowadzenie zajęć na wszystkich poziomach studiów (I, II, III), w tym w języku angielskim,
- promotorstwo prac promocyjnych (I, II stopnia), w tym w języku angielskim,
- promotorstwo pomocnicze w pracy doktorskiej,
- recenzowanie prac magisterskich i inżynierskich,
- udział w projektach i szkoleniach dydaktycznych,
- angażowanie studentów w prowadzenie i prezentowanie badań naukowych,
- duże zaangażowanie w sprawy dotyczące zapewniania odpowiedniej jakości kształcenia na kierunku Inżynieria Środowiska Politechniki Poznańskiej.

Zestawienie osiągnięć dydaktycznych w wymienionych zakresach przedstawiają kolejne punkty.

#### 6.1.1. Prowadzone zajęcia i ich ocena

W związku z tematyką badawczą, dotyczącą wentylacji, klimatyzacji oraz oceny energetycznej budynków, prowadzono zajęcia na Politechnice Poznańskiej z przedmiotów zestawionych w tabeli 3. Zestawienie obejmuje zajęcia, które prowadzone są po uzyskaniu stopnia doktora, a pod tabelą wymieniono nazwy innych przedmiotów, które prowadzono. Oznaczono wymiar zajęć, ich rodzaj oraz poziom studiów, zaznaczono również zajęcia prowadzone w języku angielskim. Przedstawiono oceny uzyskane w ankietach studenckich.

**Tab. 3.** Zestawienie prowadzonych przedmiotów na Politechnice Poznańskiej

Nazwa przedmiotu	Wymiar godzin	Poziom studiów	Ocena studentów (w skali do 5)*
Wentylacja – projekt	15	I	4,87
Klimatyzacja z chłodnictwem – projekt	30	I	4,96
Gospodarka energetyczna – projekt, ćwiczenia	15	I	4,83
Diagnostyka i badanie instalacji HVAC – projekt	15	I	4,93
Sustainable Building – wykład w języku angielskim	15	I	_**
Badanie elementów ogrzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych – laboratoria	30	I	4,87
Budownictwo energooszczędne – ćwiczenia	15	II	4,97
Budownictwo energooszczędne – laboratoria	15	II	4,96
Mikroklimat pomieszczeń i jakość powietrza – ćwiczenia i laboratoria	30	II	***
Problemy certyfikacji energetycznej – wykład z elementami laboratoriów	15	III (studium doktoranckie)	_**
Energy efficient buildings – wykład z projektem w języku angielskim	15	ERASMUS+	_**

\*wyniki podane za dwa ostatnie lata akademickie

\*\*brak ocen z powodu nie uwzględniania tych przedmiotów w systemie eAnkieta Politechniki Poznańskiej

\*\*\*\* nowe zajęcia w programie studiów, brak wyników eAnkiety

Pozostałe przedmioty: Grafika inżynierska z CAD – laboratoria, Materiałoznawstwo – laboratoria, Wentylacja – ćwiczenia, Systemy wentylacyjne, klimatyzacyjne i chłodnicze – projekt i ćwiczenia, Instalacje budowlane – projekt (kierunek Budownictwo), Construction engineering – projekt (kierunek Budownictwo, w języku angielskim).

### 6.1.2. Promotorstwo prac dyplomowych

Promotorstwo prac dyplomowych obejmuje 1 rozprawę doktorską (promotor pomocniczy), 29 prac dyplomowych inżynierskich i 31 prac magisterskich realizowanych na kierunku Inżyniera Środowiska oraz odpowiednio 3 i 15 prac na kierunku Budownictwo (współpromotorstwo). W tabeli zestawiono liczbę prac, których zostano promotorem albo recenzentem, wraz z podaniem poziomu studiów i informacją o pracach wyróżnionych w konkursach.

**Tab. 4.** Wykaz prac dyplomowych, w których objęto funkcję promotora lub recenzenta

Prace dyplomowe	Kierunek	Liczba prac	Wyróżnienia
<b>Rozprawy doktorskie</b>			
Rozprawa doktorska – promotor pomocniczy	Studium doktoranckie Budownictwo a Środowisko	1	Rozprawa wyróżniona
<b>Prace dyplomowe na studiach I i II stopnia – promotorstwo</b>			
Prace magisterskie – promotor	Inżynieria Środowiska II stopień	31	II miejsce w konkursie CUTOB Poznań na prace dyplomowe „Nowoczesne technologie w budownictwie”, 2023 r.
Prace inżynierskie – promotor	Inżynieria Środowiska I stopień	29	Dwie prace czwórki studentów zdobyły nagrodę w konkursie na wyróżniające się prace w zakresie techniki (NOT Poznań 2021). Praca wyróżniona w konkursie na wyróżniające się prace w zakresie techniki (NOT Poznań 2022). Praca w finale konkursu Veolia Poznań na najlepsze prace dyplomowe zrealizowane na Politechnice Poznańskiej 2022 r.
Prace magisterskie – promotor	Budownictwo II stopień	15 (10 w języku angielskim)	–
Prace inżynierskie – promotor	Budownictwo I stopień	3	Jedna praca wyróżniona w konkursie na najlepszą pracę dyplomową z wykorzystaniem poliuretanów – III miejsce) (SIPUR 2017)
<b>Łącznie promotorstwo prac dyplomowych</b>		<b>78</b>	
<b>Prace dyplomowe na studiach I i II stopnia – recenzje</b>			
Prace magisterskie – recenzent	Inżynieria Środowiska II stopień	31	–
Prace inżynierskie – recenzent	Inżynieria Środowiska I stopień	25	–
Prace inżynierskie – recenzent	Budownictwo I stopień	2	–
<b>Łącznie recenzje prac dyplomowych</b>		<b>58</b>	

### 6.1.3. Szkolenia dydaktyczne i udział w projektach dydaktycznych

Tab. 5. Wykaz szkoleń i projektów dydaktycznych, w których wzięto udział

Okres	Nazwa instytucji, miejscowość	Charakter studiów, szkolenia lub stażu	Uzyskany dokument
08.01.2021	Politechnika Poznańska "PP dookoła świata – rok międzykulturowy" finansowanego ze środków Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej w ramach programu "Welcome to Poland"	Szkolenie dydaktyczne: „Kto opowie lepszą opowieść, wygrywa, czyli jak prowadzić zajęcia online, żeby studenci nas słuchali”	Certyfikat
19.01.2021	Politechnika Poznańska "PP dookoła świata – rok międzykulturowy" finansowanie ze środków Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej w ramach programu "Welcome to Poland"	Szkolenie dydaktyczne: „Komunikacja międzypokoleniowa”	Certyfikat
01–06.2020	Program „Uczelnia zintegrowana na przyszłość” POWR.03.05.00-00-Z041/17, nr projektu 33/32/NCBR/3333-01	Przygotowanie materiałów na zajęcia i prowadzenie zajęć w języku angielskim	Umowa
19–31.07.2010	<i>International Passive House Summer School</i>	<i>Spittal and der Drau, Austria</i>	Certyfikat
2009	<b>Kurs pedagogiczny</b>	Kurs pedagogiczny (60h) w ramach studium doktoranckiego	Zaświadczenie

### Współpraca ze studentami uzdolnionymi

W ramach pracy dydaktyczno-badawczej angażowano w swoje badania uzdolnionych i chętnych studentów. Dzięki temu studenci, realizując swoje prace dyplomowe lub opracowując tematy, którymi są szczególnie zainteresowani, mogą uzyskiwać dodatkowe kompetencje w opisywaniu i prezentowaniu badań naukowych. W ramach tej współpracy powstały publikacje naukowe (II.4.2, II.4.8, II.4.18 i II.4.21, II.4.24, II.4.29-31), w tym w czasopismach z *Impact Factor* (II.4.8).

Wyniki prowadzonych badań były również przedstawiane na Ogólnopolskiej Studenckiej Konferencji Budmika 2015 (referat dotyczący parowania w krytych basenach) oraz Budmika 2018 (referat dotyczący jakości powietrza w żłobkach).

Brano czynny udział w projekcie Koła Naukowego Inżynierii Środowiska (KNIŚ) polegającego na mentoringu – wspomaganiu studentów w przygotowaniu ich projektów badawczych oraz przygotowywaniu ich do prezentacji wygłaszanych na spotkaniach członków KNIŚ. Powstało 5 prezentacji w roku akademickim 2020/2021. Pomagano w przygotowaniu studentów do wystąpień bazujących na ich pracach dyplomowych na Konferencji Naukowej Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska Eko Dok 2022.



Wybrane prace dyplomowe studentów zgłaszane są w konkursach oraz zdobywają nagrody i wyróżnienia, co opisano w punkcie 6.1.2.

#### **6.1.4. Współpraca dydaktyczna z otoczeniem społeczno-gospodarczym**

W ramach działalności Koła Naukowego Inżynierii Środowiska, w którym czynny udział biorą studenci kierunku Inżynieria Środowiska, zorganizowano, w roku akademickim 2020/2021, cykl spotkań pt. „Ścieżki kariery. Studia na kierunku Inżynieria Środowiska i co dalej...” Z przedstawicielami otoczenia gospodarczego. W ramach cyklu zapraszani przedstawiciele otoczenia gospodarczego przedstawiali możliwości pracy po kierunku Inżynieria Środowiska, zwracając uwagę na charakter danego stanowiska, konieczne predyspozycje osobowościowe oraz odpowiedzialność jaka łączy się z zajmowaniem różnych stanowisk na poszczególnych szczeblach kariery. Poza korzyściami dydaktycznymi, takie spotkania są bardzo cenne dla studentów, gdyż zwracają ich uwagę na to, jakie są możliwości pracy i jak bardzo odpowiedzialna będzie ich przyszła praca, na co nie zawsze jest czas podczas realizowania programu studiów. W cyklu spotkań wzięli udział przedstawiciele projektowania instalacji, wykonawstwa, kosztorysowania, marketingu i naukowiec. Średnia liczba studentów obecnych podczas tych spotkań wynosiła 60 osób.

#### **6.1.5. Wyróżnienia**

Za pracę dydaktyczną otrzymano listy gratulacyjne od Dziekana Wydziału dla wyróżniającego się nauczyciela w 2017 r. oraz w 2020 r., w którym uzyskano najlepsze oceny w ankietach studenckich z całego Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej.

### **6.2. Informacje o osiągnięciach organizacyjnych**

Działalność organizacyjną na Politechnice Poznańskiej jest realizowana jako :

- 1) Członek Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki od roku 2020;
- 2) Członek Instytutowej Komisji ds. Jakości Kształcenia od roku 2020;
- 3) Członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia na kadencję 2020–2024.

Praca organizacyjna od 2017 r. skupia się głównie na działalności w zakresie zapewniania i poprawiania jakości kształcenia na kierunku Inżynieria Środowiska.

#### **6.2.1. Programy studiów, efekty uczenia się, sylabusy**

W 2017 r. zajmowano się przygotowaniem matryc weryfikacji efektów kształcenia dla kierunku Inżynieria Środowiska (studiów I i II stopnia), wraz z weryfikacją sylabusów (kart ECTS) pod kątem spełniania wymagań, dotyczących bilansu godzin, wartości punktów ECTS i spełniania wymagań formalnych. Prace te zakończyły się przypisaniem kierunkowych efektów kształcenia wg Krajowej Ramy Kwalifikacyjnej (KRK) do wymogów rozporządzenia o Polskiej Ramie Kwalifikacyjnej.

W roku akademickim 2017/2018 kierunek Inżynieria Środowiska poddany był ocenie Polskiej Komisji Akredytacyjnej (PKA). Brałono udział w przygotowaniu raportu samooceny na potrzeby tej akredytacji, w zakresie efektów kształcenia oraz programu studiów i kart sylabusów. Za pracę w zespole przygotowującym raport samooceny uzyskano Zespołową nagrodę Rektora za działalność organizacyjną w 2018 r. Następnie w 2019 r. brano udział w dostosowaniu kierunkowych efektów kształcenia dla kierunku Inżynieria Środowiska I i II stopnia do nowego rozporządzenia w sprawie efektów uczenia się.

W 2019 r. brano udział w pracach zespołu przygotowującego nowe programy studiów (nowe siatki godzin) dla kierunku Inżynieria Środowiska, które zostały dostosowane do wymogów nowej Ustawy 2.0. Głównymi zadaniami było przypisywanie punktów ECTS do przedmiotów, przygotowywanie

bilansów godzin przedmiotów, likwidacja przedmiotów obieralnych, proponowanie nowych, w tym kierunkowych przedmiotów obieralnych dla ostatniego semestru studiów I stopnia oraz dla II stopnia. Nowo przygotowane programy (nowe siatki godzin), zatwierdzone przez Senat PP, obowiązują od roku akademickiego 2019/2020. Na podstawie przygotowanych siatek godzin przygotowano wnioski dotyczące spełnienia wyłań nowej Ustawy 2.0 w zakresie przedmiotów obieralnych kierunkowych, humanistyczno-społecznych, języków obcych, a także kryteriów dotyczących procentowych udziałów punktów ECTS, przypisanych tym przedmiotom w całkowitej liczbie punktów ECTS dla kierunku. W 2020 r. zweryfikowano wszystkie sylabusy dla kierunku Inżynieria Środowiska, w celu spełnienia wszystkich wymagań formalnych.

Z uwagi na konieczność przystosowania programów studiów do zobowiązań projektu NCBiR „Projektowanie uniwersalne w strategii podnoszenia efektywności kształcenia na Politechnice Poznańskiej” (POWR.03.05.00-00-Pu21/19), czyli wprowadzenia przedmiotu „Projektowanie uniwersalne” na studiach I i II stopnia na kierunku Inżynierii Środowiska w 2022 i 2021 r. brano udział w pracach zespołu przygotowującego zmiany tych programów. Oprócz wspomnianego przedmiotu, nowe programy studiów uzupełniono o sugestie interesariuszy zewnętrznych oraz studentów, przegrupowano treści programowe, podzielono rozbudowane przedmioty na mniejsze, a także unowocześniono treści i nazwy przedmiotów. Oprócz propozycji nowych treści i przedmiotów, jako członek trzysobowego zespołu przygotowano wniosek. Program studiów II stopnia obowiązuje od marca 2023 r., a program studiów I stopnia będzie obowiązywał od października 2023 r.

#### **6.2.2. Wydziałowa Komisja ds. Jakości Kształcenia**

W ramach pracy w Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia stworzono procedury usprawniające narzędzia, zapewniające jakość kształcenia. Powstały procedury hospitacji zajęć dydaktycznych i osób prowadzących te zajęcia. Wprowadzono czytelny system rekomendowania nauczycieli akademickich do hospitacji, w oparciu o wyniki ankiet studenckich, osobno dla zajęć zdalnych i stacjonarnych. Ocena zajęć i prowadzącego uwzględnia wyniki uzyskane na konkretnych zajęciach (w semestrze zimowym za poprzedni semestr zimowy, w semestrze letnim za poprzedni semestr letni) oraz bieżące ankiety studenckie zbierane podczas hospitowanych zajęć. Procedury dostępne są dla wszystkich nauczycieli i studentów na stronie wydziału.

W ramach prac Komisji zajmowano się również typowaniem najlepszych nauczycieli akademickich. Dzięki rekomendacją komisji Dziekan Wydziału nagradza najlepszych nauczycieli z wydziału listami gratulacyjnymi.

#### **6.2.3. Instytutowa Komisja ds. Jakości Kształcenia**

W Instytutowej Komisji ds. Jakości Kształcenia prace skupiają się na usprawnianiu procesów dydaktycznych i organizacyjnych dla kierunku Inżynieria Środowiska. Przygotowano regulaminy wyboru promotora prac dyplomowych. Dzięki wprowadzeniu nowego systemu, studenci wybierają promotora pracy w maju, co sprawiło, że na przygotowanie pracy inżynierskiej mają 8 miesięcy, a pracy magisterskiej 12 miesięcy. System wyboru promotora jest systemem elektronicznym, który uwzględnia wyniki studentów uzyskiwane w trakcie semestrów przeddyplomowych i promuje najlepszych studentów. W regulaminie wprowadzono również limity prac dla nauczycieli z tytułem naukowym oraz różnymi stopniami naukowymi oraz wytyczne, dotyczące recenzowania prac i składu komisji dyplomowych, Ma to zapewnić właściwą jakość powstających prac dyplomowych. Prace nad regulaminem dyplomowania odbywały się w 2020 r., a regulamin obowiązuje od marca 2021 r.. Regulaminy są dostępne dla wszystkich studentów i pracowników na stronach wydziału.

W 2021 r. prace komisji skupiały się na przygotowaniu raportu samooceny na potrzeby akredytacji Komisji Akredytacji Uczelni Technicznych (KAUT). Procedura akredytacji rozpoczęła się w listopadzie 2021 roku. W raporcie odpowiadano za przygotowanie punktów, dotyczących procedur dyplomowania, a także efektów uczenia się i struktury przedmiotów na kierunku Inżynieria Środowiska oraz za recenzowanie całości raportu i wszystkich załączników w ostatecznej wersji raportu.

Za przygotowanie raportu na potrzeby akredytacji KAUT uzyskano zespołową nagrodę Rektora za działalność organizacyjną za 2021 r.

#### **6.2.4. Inna działalność organizacyjna**

W 2009 i 2010 r. zostano członkiem i sekretarzem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej dla studiów dziennych I stopnia, a w 2019 r. członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej dla studiów stacjonarnych II stopnia.

W 2019 r. przygotowano poster: „Wentylacja i klimatyzacja” na wernisaż jubileuszowy pt. „Wydział w obiektywie czasu” Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, z okazji obchodów 100-lecia PP – 14.06.2019 r. Wzięto również udział w Komitecie organizacyjnym Jubileuszu Pracy Profesora Edwarda Szczechowiaka 2019.

### **6.3. Informacje o działalności promocyjnej i popularyzującej naukę**

#### **6.3.1. Zespół ds. promocji kierunku Inżynieria środowiska Politechniki Poznańskiej**

W październiku 2022 r. zostano członkiem Zespołu ds. promocji kierunku Inżynieria Środowiska Politechniki Poznańskiej. W ramach działalności zespołu jest się odpowiedzialnym za działania promocyjne, prowadzenie mediów społecznościowych organizację cykli spotkań z dziećmi i młodzieżą oraz za bieżącą działalność dotyczącą promowania kierunku.

#### **6.3.2. Działalność popularyzująca naukę wśród dzieci**

Działalność popularyzująca naukę wśród dzieci obejmowała:

- Organizację warsztatów doświadczalnych wraz ze studentami z Koła Naukowego Inżynierii Środowiska dla uczniów 1 klasy Szkoły Podstawowej nr 29 z Poznania w 2019 r. oraz warsztatów naukowych „Czy ciepło jest widoczne? Skąd się bierze woda w kranie?” dla dzieci z Przedszkola Misia Colargola w 2017 r.
- Organizacja warsztatów „Smog groźniejszy niż smok?” w ramach akcji Poznańska Noc Naukowców w 2022 r.
- Organizację cyklu spotkań w ramach których prowadzone są warsztaty dla najmłodszych. Cykl „Dzień Dziecka z Inżynierią Środowiska” rozpocznie się w 2023 r. i ma na celu zapoznanie najmłodszych z działalnością inżynierów środowiska, ze szczególnym zwróceniem uwagi na działania w duchu zrównoważonego rozwoju.
- Organizację cyklu spotkań „Inżynieria Środowiska w terenie”, które objęły wycieczki techniczne, związane z działalnością inżynierów środowiska oraz promowaniem kierunku poza murami uczelni. W ramach tego cyklu zorganizowana została wycieczka techniczna na krytą pływalnię, podczas której zapoznano studentów z rzeczywistym działaniem systemów technologicznych do uzdatniania wody i przygotowania powietrza wentylacyjnego. Wycieczka była połączona z pomiarami laboratoryjnymi parametrów powietrza i wody.

### 6.3.3. Działalność popularyzująca naukę wśród młodzieży

Działalność popularyzująca naukę wśród młodzieży obejmowała:

- Przeprowadzenie zajęć teoretycznych i praktycznych z zakresu budownictwa energooszczędnego dla klasy I i III Technikum Budowlanego Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych Nr 1 w Jarocinie, w ramach projektu „Zmieniasz swoją przyszłość sięgając po nowe” w 2017r.
- Udział w przygotowaniu laboratoriów i warsztatów, które były przeprowadzone w ramach Drzwi Otwartych Politechniki Poznańskiej oraz akcji Dziewczyny na Politechniki w 2023 r.

### 6.3.4. Działalność popularyzująca naukę wśród członków Izby Inżynierów

Działalność popularyzująca naukę wśród członków Izby Inżynierów obejmowała szkolenia dla członków Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa „Audyty energetyczne i wykonawstwo budowlane” – cykl 4 szkoleń, realizowany w okresie od września do listopada 2019 r.

### 6.3.5. Działalność popularyzująca naukę wśród społeczeństwa

Realizacja wykładów naukowców z ośrodków zagranicznych:

- Kierownik projektu realizowanego w ramach programu „Akademicki i Naukowy Poznań” polegającego na organizacji wykładu otwartego pt. *Effects of swimmers on pool water quality...and vice versa*, wygłoszonego przez prof. Ernesta R. Blatchleya III z *Purdue University* w USA w 2019 r.
- Kierownik projektu realizowanego w ramach programu Akademicki i Naukowy Poznań polegającego na organizacji wykładu otwartego „*To shower or not to shower...that is the question*” dr Maartena Keutena z Uniwersytetu Technicznego w Delft, Holandia 2022.

Popularyzacja nauki:

- Udział w podkaście „Polipodcast”, w którym prowadzone są rozmowy, dotyczące społecznej odpowiedzialności prowadzonych działań naukowych. Przedsięwzięcie otrzymało dofinansowanie ze środków budżetu państwa, w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki, pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa”.

### 6.3.6. Działalność promująca kierunek Inżynieria Środowiska

Z uwagi na zdalną formę drzwi otwartych w czasie pandemii COVID-19, jako formę promocji kierunku Inżynieria Środowiska, przygotowano film promujący kierunek w ramach akcji Działu Promocji PP „#wartotustudiowac”. Brano udział w tworzeniu scenariusza filmu, angażowaniu studentów oraz absolwentów kierunku oraz podczas kręcenia filmu. Powstały materiał promocyjny pokazuje, czym jest kierunek Inżynieria Środowiska, czym różni się od Ochrony Środowiska i wskazuje możliwości zawodowe, jakie ma absolwent tego kierunku.

Z uwagi na brak możliwości przeprowadzenia stacjonarnych drzwi otwartych w 2021 r., Politechnika Poznańska przygotowała akcję „Piątki z PP”, podczas której Prodziekani prezentowali informacje dotyczące każdego z kierunków. Brano udział w przygotowaniu informacji wykorzystanych do prezentacji, w zakresie przedmiotów prowadzonych w Zakładzie Ogrzewnictwa, Klimatyzacji i Ochrony Powietrza, a także możliwości rozwijania zainteresowań naukowych w ramach współpracy studentów z pracownikami badawczymi.

## **7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.**

Dodatkowa aktywność prowadzona na Politechnice Poznańskiej dotyczyła działalności sportowej, która wiąże się z przynależnością do Klubu Uczelnianego AZS Politechniki Poznańskiej od 2003 r., czyli od momentu rozpoczęcia studiów na Politechnice Poznańskiej.

W ramach przynależności do KU AZS PP reprezentowano uczelnię w rozgrywkach Akademickich Mistrzostw Polski, w kategorii uczelni technicznych, podczas których zdobyto:

- brązowy medal w pływaniu na dystansie 100 m stylem grzbietowym w 2004 r.,
- złote medale i tytuł Akademickiej Mistrzyni Polski w kategorii Uczelni Technicznych na 100 m i 50 m stylem grzbietowym w 2006 r.,
- złote medale i tytuł Akademickiej Mistrzyni Polski w kategorii Uczelni Technicznych na 100 m i 50 m stylem grzbietowym w 2008 r.,
- brązowy medal na dystansie 100 m stylem grzbietowym w 2010 r. (będąc już zatrudnioną na Politechnice Poznańskiej).

Od 2006 r., nieprzerwanie, bycie członkiem Zarządu Klubu Uczelnianego AZS Politechniki Poznańskiej, w tym pełnienie funkcji sekretarza (2009–2019).

Za działalność sportową otrzymano srebrną odznakę Akademickiego Związku Sportowego w 2006 r. oraz złotą odznakę Akademickiego Związku Sportowego w 2011 r.

(podpis wnioskodawcy)

## Cytowane w przypisach

1. Carrer P, et al. On the development of health-based ventilation guidelines: principles and framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018; 15(7): 1360.
2. Dz. U. z 2011 r., nr 45, poz.235.
3. Dz.U. z 2011 r., nr 69, poz. 367.
4. Dz.U. z 2014 r., poz. 925.
5. [https://www.frd.org.pl/wp-content/uploads/2016/02/Standardy-jakosci\\_klub-dzieciocy.pdf](https://www.frd.org.pl/wp-content/uploads/2016/02/Standardy-jakosci_klub-dzieciocy.pdf)
6. <https://rpo.lodzkie.pl/images/2018/127-nabor-10.1/zal20.pdf>
7. Ludwiczak A, Ratajczak, K. Wentylacja placówek dydaktyczno-edukacyjnych. Przegląd wybranych polskich i zagranicznych wymagań dotyczących strumienia powietrza i stężenia CO<sub>2</sub>. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 2018; 3.
8. Łochyński S, Ratajczak K. Jakość powietrza w budynku użytkowanym jako żłobek. *Rynek Instalacyjny* 2017; 10.
9. Melikov AK. Advanced air distribution: improving health and comfort while reducing energy use. *Indoor Air* 2016; 26(1): 112–124.
10. Morawska L, et al. A paradigm shift to combat indoor respiratory infection. *Science* 2021 372(6543): 689–691.
11. Wargocki P. Co wiemy, a co powinniśmy wiedzieć o wentylacji? *Rynek Instalacyjny* 2022; 1-2.

## Spis rysunków

Rys. 1. Zmiany w wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego dla osoby dorosłej na przestrzeni lat

Rys. 2. Liczba artykułów indeksowanych w bazie Scopus dotyczących wentylacji i jakości powietrza wewnętrznego dla wybranych typów obiektów użyteczności publicznej: żłobków (nursery), biur (office) i szkół (school)

Rys. 3. Procentowy udział liczby artykułów dotyczących wentylacji (a, c) oraz jakości powietrza wewnętrznego (b, d) indeksowanych w bazie Scopus dla wszystkich publikacji (a, b) oraz opublikowanych w ostatnich 10 latach (c, d)

Rys. 4. Wykres przedstawiający liczbę placówek i liczbę miejsc do opieki nad dziećmi do lat 3 w Polsce w latach 2010–2021

Rys.5. Wyniki pomiarów jakości powietrza dla wybranego tygodnia badań pilotażowych: a) stężenie ditlenku węgla, b) temperatura powietrza wewnętrznego, c) wilgotność względna powietrza wewnętrznego, c) wpływ wietrzenia na stężenie ditlenku węgla oraz wilgotność względną w pomieszczeniu

Rys. 6. Dopuszczalne progi stężenia CO<sub>2</sub> wg różnych wytycznych

## Spis tabel

Tab. 1 Porównanie wymaganych strumieni powietrza zewnętrznego w Polsce i zagranicą

Tab. 2. Zestawienie publikacji tworzących cykl jednotematyczny

Tab. 3. Zestawienie prowadzonych przedmiotów na Politechnice Poznańskiej

Tab. 4. Wykaz prac dyplomowych, w których objęto funkcję promotora lub recenzenta

Tab. 5. Wykaz szkoleń i projektów dydaktycznych, w których wzięto udział